

PA

Ann



ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

ERGÄNZUNGSBAND.



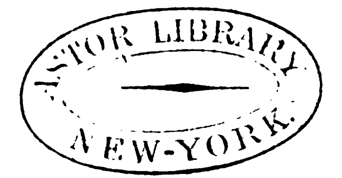
ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ERGÄNZUNGSBAND.

(Nach Band LI einzuschalten.)

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1842.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

ZWEITE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ERGÄNZUNGSBAND.

(Nach Band LI einzuschalten.)

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1842.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Ergänzungsbandes der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.
Bd. I. ERGÄNZUNG. St. 1.

I. *Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes; von Charles Wheatstone,*

Professor der Experimentalphysik am Kings College zu London.

(Aus dem Englischen von Dr. August Franz, Arzt und Augenarzt in London.)

Erster Theil [1]).

Ueber einige merkwürdige und bis jetzt unbeobachtete Erscheinungen beim Sehen mit beiden Augen.

§. 1.

Wenn ein Gegenstand in einer so großsen Entfernung betrachtet wird, daſs die auf denselben gerichteten Sehachsen beider Augen merklich parallel laufen, so sind die perspectivischen Ansichten desselben, welche man mit jedem Auge besonders wahrnimmt, sich gleich; der Anblick ist daher für beide Augen genau derselbe, als wenn man den Gegenstand nur mit einem Auge sieht. In einem solchen Falle findet in der Gesichtswahrnehmung eines Gegenstandes, der über eine Fläche erhaben ist, Hochbild, Relief, und einer perspectivischen Zeichnung desselben auf einer ebenen Fläche kein Unterschied statt. Eine gemalte Darstellung von entfernten Gegenständen kann

1) Die folgende Abhandlung ist blos ein Theil der beabsichtigten Beiträge, welcher, wie mir Prof. Wheatstone sagte, noch fünf andere bald folgen sollen, so daſs daher nur die sechs verschiedenen Abhandlungen ein vollständiges Ganze bilden werden. Die vorliegende wurde am 21. Juni 1838 vor der Royal Society gelesen und findet sich in den *Philosoph. Transactions*, Jahrgang 1838. Bd II. p. 371. Von diesen wieder besonders abgedruckt, überschickte mir der Herr Verfasser ein Exemplar, welches ich zur Uebersetzung benutzt habe. Dr. F.

daher eine so vollkommene Aehnlichkeit von Objecten, die man zu repräsentiren beabsichtigte, darbieten, dafs das Gemälde für den Originalgegenstand erkannt wird, wenn man nämlich alles, was die Illusion hindern oder stören könnte, sorgfältig vermeidet; das Diorama liefert einen Beweis davon. Jene Gleichheit der objectiven Erscheinung für beide Augen verschwindet dagegen, sobald das Object den Augen so nahe gebracht wird, dafs, um es deutlich zu sehen, die Sehachsen convergiren müssen. Unter diesen Umständen wird nämlich von jedem Auge eine verschiedene perspectivische Ansicht des Objects wahrgenommen, und diese Verschiedenheit wird um so gröfser, je mehr die Convergenz der Sehachsen zunimmt. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen in mäfsiger Entfernung vor die Augen gestellten Gegenstand von drei Dimensionen, einen Würfel z. B., mit jedem Auge abwechselnd betrachtet, indem nämlich das andere geschlossen und der Kopf unbewegt in derselben Stellung gehalten wird. Fig. 13 Taf. II stellt die beiden Perspectiv-Ansichten eines Würfels vor, *a* ist die mit dem rechten und *b* die mit dem linken Auge gesehene, angenommen, dafs der Würfel ungefähr 7 Zoll und gerade vor dem Beobachter sich befinde.

Diese Erscheinungen, welche durch dieses einfache Experiment so unverkennbar sind, lassen sich nach den festgesetzten Regeln der Perspective leicht erklären; denn ein Object in Relief, wenn man es mit jedem Auge für sich allein ansieht, wird von zwei Gesichtspunkten aus betrachtet, die so weit auseinander liegen, als die zwischen beiden Augen gezogene gerade Linie beträgt. Gleichwohl scheinen sie der Aufmerksamkeit eines jeden Physiologen und Künstlers, welcher über das Sehen und die Perspective gehandelt hat, entgangen zu seyn. Das Nichtbeachten eines Phänomens, welches zu den wichtigen und interessanten Folgen führen mufste, die den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung bilden, kann ich nur dem

Umstande zuschreiben, dafs das Endresultat einer Untersuchung desselben einem Grundsatz widerspricht, der von den Autoren, welche über den Gesichtssinn geschrieben haben, ganz allgemein behauptet wird, nämlich: dafs die Objecte nur einfach gesehen würden, wenn die Bilder auf entsprechende Punkte beider Retinen fallen; eine Hypothese, welche später erörtert werden wird. Wenn ihnen jene Beobachtung auch einmal aufstiefs, so verliefsen sie dieselbe augenblicklich, in der Ueberzeugung, dafs, wenn auch die Nervenhautbilder unter gewissen Umständen in beiden Augen verschieden wären, diese Verschiedenheit doch nur so gering seyn könne, dafs man nicht nöthig habe sie in Anschlag zu bringen.

Es wird uns nun einleuchtend werden, warum es unmöglich ist, dafs ein Maler eine treue Darstellung eines nahen Gegenstandes von körperlicher Ausdehnung geben kann, d. h. ein Gemälde, das von dem Originalgegenstande selbst nicht zu unterscheiden wäre. Wird das Gemälde und der Gegenstand mit beiden Augen betrachtet, so sind die von dem Gemälde auf die beiden Nervenhäute projicirten Bilder einander ähnlich, die von dem wirklichen Gegenstande sind dagegen einander unähnlich. Es findet daher in diesen beiden Fällen ein wesentlicher Unterschied zwischen den auf die Organe der Gesichtsempfindung gemachten Eindrücken und folglich auch zwischen den Gesichtsvorstellungen statt, und daher ist es unmöglich das Gemälde mit dem Originalgegenstande von körperlicher Ausdehnung zu verwechseln.

Nachdem ich die Werke vieler Autoren, von denen sich die Behandlung dieses Gegenstandes erwarten liefs, durchgesehen hatte, konnte ich nur eine einzige Bemerkung darüber auffinden, nämlich in dem *Trattato della Pittura* des Leonardo da Vinci. Dieser grofse Künstler und geistreiche Philosoph bemerkt, „dafs ein Gemälde, wenn es auch in Hinsicht der Zeichnung, des Lichts und des Schattens, so wie auch der Farben mit der gröfsten

Kunst ausgeführt und mit der höchsten Vollkommenheit vollendet wäre, doch niemals Erhabenheiten und Vertiefungen, oder ein Relief im gleichen Grade, wie ein natürlicher Gegenstand zeigen könne, aufser es würde in einer gewissen Entfernung und nur mit einem Auge betrachtet. Denn“, sagt er, „wenn ein Object *C* (Taf. I fig. 1) von *A* aus mit einem Auge betrachtet wird, so sind diesem Auge alle diejenigen Gegenstände nicht sichtbar, welche der Raum hinter dem Objecte gleichsam einschliefst, den der von einem in *A* sich befindlichen Lichte geworfene Schatten umschreibt; wird aber das andere Auge in *B* geöffnet, so sieht dieses einen Theil von jenen Gegenständen; es bleiben daher beiden Augen nur noch diejenigen verborgen, welche von den doppelten Schatten *CD*, geworfen von zwei Lichtern in *A* und *B* und endend in *D*, eingeschlossen sind, und der dreiseitige Raum *EDG* über *D* hinaus ist dann für beide Augen stets sichtbar. Je kleiner das Object *C* und je näher es sich den Augen befindet, um so kürzer ist der von dem doppelten Schatten beschriebene Raum. Auf diese Weise wird das von beiden Augen gesehene Object *C* gleichsam durchsichtig; denn ein durchsichtiger Körper ist nach der gewöhnlichen Definition derjenige, welcher das, was hinter ihm liegt, nicht verbirgt. Dieses findet jedoch nie statt, wenn ein Object, dessen Breite gröfser ist als die Pupille, nur mit einem Auge allein betrachtet wird. Die Wahrheit jener Behauptung ist daher in die Augen springend, denn ein gemalter Gegenstand verbirgt den ganzen Raum hinter dem von ihm eingenommenen, sichtbaren Orte, so dafs die Augen jeden Theil des eingebildeten Grundes hinter dem Gemälde zu sehen verhindert sind.“

Hätte Leonardo da Vinci für das Experiment eine weniger einfache Figur benutzt, anstatt der Kugel einen Würfel z. B., so würde er nicht nur bemerkt haben, dafs das Object jedem Auge einen verschiedenen Theil des entfernten Sehfeldes verbirgt; sondern es würde

seiner Aufmerksamkeit auch vielleicht diese Beobachtung nicht entgangen seyn, dafs das Object selbst jedem Auge eine verschiedene Ansicht darbietet. Er ermangelte diefs zu thun, und meines Wissens hat kein späterer Autor das Unterlassene nachgeholt. Der Satz, dafs bei dem Sehen eines einfachen Objectes mit convergirenden Sehachsen zwei merklich unähnliche Bilder auf die beiden Nervenhäute projicirt werden, ist daher in der Theorie des Sehens als neu zu betrachten.

§. 2.

Nachdem nun in dem vorhergehenden Paragraphen festgesetzt worden ist, dafs die Seele ein Object von drei Dimensionen mittelst zwei verschiedener Nervenhautbilder wahrnimmt, so entsteht die Frage: was möchte wohl der Erfolg seyn, wenn anstatt des Objects selbst die Projectionen seines Bildes auf eine ebene Fläche, welche genau so nachgezeichnet wären, als sie einem Auge allein erscheinen müssen, gleichzeitig jedem Auge dargeboten würden. Um hierüber eine genaue Untersuchung anzustellen, ist es nöthig auf Mittel zu denken, durch welche die Abbildung der beiden Zeichnungen, welche nothwendiger Weise verschiedene Plätze einnehmen müssen, auf gleichen Theilen der beiden Nervenhäute geschieht. Bei dem gewöhnlichen Sehen wird das Objekt an dem Kreuzungspunkte der Sehachsen wahrgenommen; die Bilder werden daher auf gleiche Theile der Nervenhäute projicirt; es ist aber auch einleuchtend, dafs zwei vollkommen gleiche Objecte ihre Bilder auf gleiche Theile der beiden Retinen projiciren können, wenn sie in die Richtung der Sehachsen und in gleiche Entfernungen vor oder hinter dem Kreuzungspunkte derselben gebracht werden.

Fig. 2 Taf. I stellt die gewöhnliche Lage eines Objects an dem Kreuzungspunkte der Sehachsen dar. In Fig. 3 befinden sich die gleichen Objecte in der Richtung der Sehachsen vor ihrem Kreuzungspunkte, und in

Fig. 4 hinter demselben. In allen drei Fällen wird nur ein einziges Object wahrgenommen und an die Stelle gesetzt, wo die Sehachsen zusammentreffen. Man wird bemerken, dafs, wenn die Sehachsen sich hinter den Objecten vereinigen, wie in Fig. 3, das Object der rechten Seite von dem rechten Auge und das der linken Seite von dem linken Auge gesehen wird, und wenn sich die Sehachsen vor dem Objecte kreuzen, dafs das rechte Object von dem linken Auge und das linke von dem rechten wahrgenommen wird. Da die letzten beiden Arten erzwungen und unnatürlich sind, so verlangen die Augen, welche an solche Experimente nicht gewöhnt sind, einige künstliche Unterstützung. Die Kreuzung der Sehachsen hinter den Objecten kann mittelst zweier Röhren (Fig. 5) zu Stande gebracht werden, welche sich bewegen und in eine verschiedene Neigung gegeneinander stellen lassen, so dafs ihre Richtung mit der verschiedenen Convergenz der Sehachsen übereinstimmt. Um die Sehachsen vor den Objecten sich kreuzen zu machen, wird am besten ein Kasten (Fig. 6) angewendet. Die Objecte *aa'* liegen neben einander auf einer beweglichen, den Augen nach Erfordernifs näher zu bringenden Unterlage; indem sie nun durch die Oeffnung des Kastens *bb'* betrachtet werden, so kreuzen sich die Sehachsen in *C*, und das Object der rechten Seite projicirt sein Bild nach dem linken und das der linken Seite nach dem rechten Auge. Das Zusammenfallen der Bilder kann übrigens dadurch erleichtert werden, dafs man eine in dem Kreuzungspunkte der Sehachsen *C* angebrachte Nadelspitze mit den Augen fixirt. Durch diese beiden Instrumente (Fig. 5 und 6) sind die seitlichen Gegenstände dem Blicke entzogen und die Vereinigung der Bilder ist daher weniger schwer als mit blofsen Augen und ohne diese künstliche Unterstützung.

Werden nun anstatt der beiden vollkommen gleichen Objecte von körperlicher Ausdehnung zwei gezeichnete

Perspectiv-Ansichten desselben Objectes in einer der angegebenen Art und Weise betrachtet, so wird zwar das Object als ein einfaches gesehen, jedoch keineswegs als eine Darstellung auf einer ebenen Fläche, wie jede der beiden Zeichnungen erscheint, wenn sie nur mit einem Auge abwechselnd betrachtet wird; sondern der Beobachter nimmt vielmehr eine Figur von drei Dimensionen wahr, das genaue Gegenstück des Objectes, nach welchem die Zeichnungen gemacht wurden. Zur Erläuterung dieses Gegenstandes will ich jetzt nur einige der einfachsten Fälle angeben.

Wenn zwei verticale Linien nahe nebeneinander, jedoch in verschiedener Entfernung von den Augen, abwechselnd mit jedem Auge allein betrachtet werden, so wird ihr Abstand von einander in ein und derselben Ebene verschieden erscheinen; ist nämlich die Linie der linken Seite den Augen näher, so wird bei der Betrachtung mit dem linken Auge die Entfernung beider Linien von einander geringer seyn als die ist, welche das rechte Auge wahrnimmt. Fig. 7 macht diefs klarer, aa' sind horizontale Durchschnitte von zwei verticalen Linien, und bb' die eingebildete Ebene für die verschiedenen Entfernungen der Linien. Werden diese beiden Linien in derselben Entfernung von einander als sie in der Ebene erschienen, auf jede von zwei Karten gezogen, und nur in einer der oben angegebenen Art betrachtet, so sieht der Beobachter die beiden Linien nicht in einer ebenen Fläche, wie sie auf jeder Karte einem Auge allein erscheinen; sondern er wird beobachten, dafs die eine Linie ihm näher ist als die andere, genau in demselben Verhältnisse als es die Originallinien selbst waren. Ferner, wenn ein gerades Stück Draht, das in einer solchen Stellung vor die Augen gehalten wird, dafs das eine Ende ihnen näher ist als das andere, mit jedem Auge besonders betrachtet wird, so erscheint dasselbe im Verhältnifs zu einer senkrechten Ebene jedem Auge in einer ver-

schiedenen Neigung. Wird nun eine Linie in derselben scheinbaren Neigung auf zwei Karten gezogen, und werden diese Karten in der angegebenen Weise betrachtet, so gewahrt man die Linie genau in derselben geneigten Stellung, in welcher sich das Stück Draht befand.

Auf diese Weise können die complicirtesten Figuren von drei Dimensionen aufs Genaueste wahrgenommen werden; indem man nämlich zwei gezeichnete Perspectiv-Ansichten von dem Gegenstande beiden Augen darbietet. Ehe ich nun zu vollkommenen Experimenten dieser Art übergehe, werde ich ein Instrument beschreiben, welches uns in den Stand setzt, alle in Rede stehende Phänomene mit der gröfsten Leichtigkeit und Genauigkeit zu beobachten.

Durch die beiden schon beschriebenen Instrumente werden die Sehachsen genöthigt sich entweder vor oder hinter der Ebene zu kreuzen, in welcher sich die Objecte befinden. Der Accomodations-Zustand des Auges für das deutliche Sehen in verschiedene Fernen, welcher nach dem Grade der Convergenz der Sehachsen sich fortwährend ändert; pafst sich aber jener ungewöhnlichen Art und Weise des Sehens nicht sogleich entsprechend an, und es lassen sich daher die Bilder der Objecte von an solche Experimente ungewöhnten Augen in dem Convergenzpunkte nicht sogleich vereinigen, oder sie erscheinen matt und undeutlich. Ueberdiefs läfst sich mit den angegebenen Instrumenten kein Object betrachten, dessen Breite gröfser ist als die Entfernung der beiden Sehachsenpunkte von einander, in welche die Mitte der Objecte gestellt wird.

Alle diese Unannehmlichkeiten werden durch das unten zu beschreibende Instrument ganz entfernt; die beiden Zeichnungen (oder vielmehr die Reflexe davon) befinden sich hier in dem wahren Kreuzungspunkte der Sehachsen, die Accomodation der Augen bleibt in einem unveränderten Zustande, jede Störung durch seitliche Ge-

gegenstände wird vermieden, und es bietet sich jedem Auge ein grofses Sehfeld dar. Da dieses Instrument in der Folge oft erwähnt werden mufs, so wird es bequemer seyn ihm einen eigenen Namen zu geben, und ich schlage daher vor dasselbe *Stereoskop* zu nennen, die Eigenthümlichkeit andeutend, solide Figuren darzustellen.

§. 3.

Fig. 8 und 9 sind Abbildungen des Stereoskop; die erste ist eine Ansicht von Vorn, die zweite von Oben. *AA* sind zwei ebene Spiegel von ungefähr 4 □Zoll, in Rahmen gefafst und so aufgestellt, dafs ihre Rückseiten einen Winkel von 90° bilden. Wo sich diese beiden Spiegel berühren, sind sie auf einen gemeinschaftlichen Fufs *B*, oder vielmehr, was in der Zeichnung weniger gut dargestellt werden konnte, gegen die Mitte eines verticalen Bretchens befestigt, welches an jeder Seite so viel ausgeschnitten ist, dafs die unmittelbar vor dasselbe gebrachten Augen die Spiegel bequem sehen können. *DD'* sind zwei aufrechtstehende Laden, welche auf zwei gegeneinander schiebbare Breter *CC'* befestigt, auf diese Weise in verschiedene Entfernungen von den Spiegeln gestellt werden können. In den meisten nachfolgenden Experimenten ist es nöthig, dafs jeder Laden in gleicher Entfernung von dem gegenüberstehenden Spiegel sich befinde. Diesen Zweck zu erreichen habe ich eine rechts und links geschnittene Schraube *rl* angewendet, deren Enden durch die an den unteren Theilen der Laden *DD'* angebrachten Muttern *ee'* gehen, so dafs, wenn der Schraubenkopf *p* nach der einen Seite gedreht wird, die Laden sich nähern, und wenn nach der andern Seite, sich entfernen. Beide Laden sind auf diese Weise immer gleich weit von der Mittellinie *f* entfernt. *EE'* sind zwei Schieber, die in an den Laden angebrachten Falzen rück- und vorwärts bewegt, und an welchen die

Zeichnungen so befestigt werden können, dafs die sich entsprechenden horizontalen Linien derselben in einer wagrechten Fläche liegen. Nachdem nun das Instrument beschrieben, ist noch Einiges über dessen Gebrauch zu sagen. Der Beobachter mufs die Augen den Spiegeln so nahe als möglich bringen, das rechte Auge vor dem rechten Spiegel und das linke vor dem linken. Jetzt mufs er die seitlichen Schieber *EE'* so lange vor- oder rückwärts bewegen, bis die beiden Reflexe mit den Sehachsen zusammenfallen und ein Bild darstellen, dessen scheinbare Gröfse den Zeichnungen entspricht. Die Reflexe werden zwar schon zusammenfallen, wenn die Schieber hin und her bewegt, und folglich die Zeichnungen wie unter einem verschiedenen Sehwinkel betrachtet werden; allein es giebt nur eine einzige Stellung der Zeichnungen, wo man die doppelten Reflexe derselben als ein einziges Bild von der wahren Gröfse und ohne Anstrengung der Augen erkennt, weil nur in dieser das gewöhnliche Gröfsen-Verhältnifs der Nervenhautbilder, die für diesen Fall richtige Neigung der Sehachsen, und der gewöhnliche Accomodations-Zustand der Augen für das deutliche Sehen in die Ferne stattfindet. Die durch die Störung dieser gewöhlichen Verhältnisse hervorgebrachte Veränderung in der scheinbaren Gröfse der beiden reflectirten Bilder wird nebst mehreren anderen daraus hervorgehenden und sehr merkwürdigen Phänomenen in einem andern Theile dieser Beiträge besprochen werden. Bei allen in der gegenwärtigen Abhandlung erwähnten Experimenten nehme ich an, dafs jene gewöhnlichen Verhältnisse nicht gestört seyen, und dafs die Sehachsen ungefähr 6—8 Zoll vor den Augen sich kreuzen.

Werden die Zeichnungen so angefertigt, dafs sie alle für ein und dieselbe Neigung der Sehachsen sich eignen, so läfst sich das Instrument in so fern vereinfachen, dafs die Laden *DD'* mit Weglassung der Schraube *rl* in einer bestimmten Entfernung von den Spiegeln befestigt

werden. Die Schieber können ebenfalls weggelassen und die Zeichnungen selbst in den an den Laden angebrachten Falzen hin und herbewegt werden.

§. 4.

Fig. 10 bis 20 stellen paarige Contourzeichnungen dar, welche berechnet sind die Wahrnehmung eines Objectes von drei Dimensionen zu bewirken, wenn sie auf die angegebene Weise in das Stereoskop gebracht worden. Sie sind hier nur halb so groſs als die wirklich angewendeten Figuren. Da die Zeichnungen durch die Reflexion in den Spiegeln umgekehrt werden, so nehme ich an, daſs diese Figuren nicht die Reflexe, sondern die Zeichnungen selbst sind, welche in das Stereoskop gestellt werden; die mit *b* bezeichnete gehört auf die rechte Seite des Instruments, um von dem gegenüberstehenden Spiegel nach dem rechten Auge reflectirt zu werden, die mit *a* ist für die linke Seite [1]). Jedes Paar

1) Im Englischen ist gesagt, daſs die Figuren 10 bis 20 nicht die Zeichnungen selbst, sondern deren Reflexe in den Spiegeln darstellen, gegen welche die Augen gerichtet sind, was aber der Herr Verfasser der Abhandlung, als ich ihn darauf aufmerksam machte, sogleich als Irrthum erkannte; denn wären diese paarigen Figuren die Reflexe, so müſste die Figur *a* auf der rechten und *b* auf der linken Seite stehen. Ich habe den Irrthum dadurch berichtigt, daſs ich die Stellung der Figuren nicht ändern lieſs, sondern den Text darnach abgeändert habe, damit jene in ihrer gegenwärtigen Stellung sogleich zu einem Experimente benutzt werden können. Läſst man nämlich die Sehachsen sich vor einem Paare der Figuren kreuzen, indem man eine Nadel in einiger Entfernung, z. B. vor Fig. 13 hält und die Spitze derselben scharf fixirt, so fällt das von *a* nach dem rechten und das von *b* nach dem linken Auge projicirte Bild in dem Kreuzungspunkte der Sehachsen zusammen, und man sieht daher den Würfel nicht nur einfach, sondern auch nach seinen drei Dimensionen. Es bedarf dieses Experiment ohne die Anwendung der oben angegebenen Instrumente freilich einige Uebung, und es strengt die Augen etwas an, allein es gelingt zuletzt vollkommen, auch auf diese Weise den Würfel einfach nnd in seinem gehörigen Relief zu sehen.

Dr. F.

Zeichnungen sind, wie schon bemerkt, zwei verschiedene Ansichten von einem und demselben, jedoch von zwei Gesichtspunkten aus betrachteten Objecte, deren Entfernung von einander mit dem Zwischenraume der beiden Augen gleich ist, welchen man zu 2½ Zoll annehmen kann.

Fig. 10a und b wird, in dem Strereoskop betrachtet, als eine Linie in einer verticalen Ebene wahrgenommen, und zwar in einer solchen Neigung, daſs ihr unteres Ende dem Beobachter näher ist. Werden die beiden Zeichnungen gleichmäſsig und in entgegengesetzter Richtung um ihren Mittelpunkt gedreht, so wird die reflectirte Linie, während sie jeden Grad der Neigung im Verhältniſs zu der Ebene einzunehmen scheint, dennoch in derselben verticalen Ebene bleiben.

Fig. 11. Eine Reihe von Punkten, alle in derselben horizontalen Ebene, aber jeder von der linken nach der rechten Seite zu dem Beobachter etwas näher stehend.

Fig. 12. Eine gekrümmte Linie mit ihrer Convexität nach dem Beobachter gerichtet, und mit ihren beiden Enden die verticale Ebene gleichsam durch- oder einschneidend.

Fig. 13. Ein Würfel.

Fig. 14. Ein Kegel, dessen Achse winkelrecht auf der verticalen Ebene steht, und dessen Spitze nach dem Beobachter sieht.

Fig 15. Ein Abschnitt einer viereckigen Pyramide, die Achse winkelrecht auf der Ebene, die Basis vom Auge weggewendet.

Fig. 16. Zwei Kreise in verschiedener Entfernung von den Augen, mit ihren Mittelpunkten in demselben Perpendikel und den Umriſs eines Kegelabschnitts bildend [1]).

1) Als ich, mit dem Stereoskope und dem Effecte, welchen es hervorbringt, noch ganz unbekannt, Fig. 16 zuerst im Instrumente sah, so erschienen mir die Reflexe der beiden verschiedenen Zeichnungen als ein einfacher kleinerer und gröſserer Kreis, welche beide ein gemein-

Die übrigen Figuren bedürfen keiner weitern Erklärung.

schaftliches Centrum hatten, allein ich sah sie in einer und derselben Ebene, so lange ich sie auch betrachten mochte; sobald ich aber auf die Erscheinung der Figur in Relief aufmerksam gemacht wurde, sah ich auch sogleich den kleinen innern Kreis den Augen näher als den gröfseren und ich hatte nun die deutliche Gesichtserscheinung von einem Kegelschnitte nach seinen drei Dimensionen. Dasselbe geschieht jedem, der mit dem Effecte des Instruments unbekannt, zum ersten Male ein Experiment damit macht; er mufs stets auf die Erscheinung des Reliefs aufmerksam gemacht werden, um die einfach gesehene Figur in räumlicher Ausdehnung zu erkennen. Ist man dagegen mit dem Instrumente bekannt, so werden diejenigen Figuren sogleich auf den ersten Blick in Relief gesehen, welche im Leben gewöhnlich vorkommende Gegenstände darstellen, oder überhaupt solche, von denen wir uns aus Erfahrung einen klaren Begriff erworben haben. Figuren, die sehr zusammengesetzt, aber uns doch nicht ganz fremd sind, bedürfen, wenn sie das erste Mal im Stereoskop gesehen werden, einer längern aufmerksamen Betrachtung, eines Fixirens der einzelnen Theile, oder gleichsam ein Zerlegen derselben in seine einzelnen Theile, ehe die ganze Figur im richtigen Relief erscheint. Solche von ganz ungewöhnlichen, uns fremden Gegenständen verursachen dem Beobachter momentanen Augen- und Kopfschmerz, ohne dafs er ihre wahre Bedeutung herauszufinden im Stande ist; nur eine gegebene Erklärung und Auseinandersetzung der Figur läfst ihm ihre Gestalt im Relief erkennen. — Prof. Wheatstone zeigte mir neulich zwei schattirte Zeichnungen auf schwarzem Grunde, von denen ich nicht errathen konnte was sie vorstellen sollten. Nachdem er sie in das Stereoskop gestellt, sahe ich wohl den Gegenstand einfach und aus der Ebene etwas hervortretend, allein ein vollkommen deutliches und richtiges Relief konnte ich nicht herausfinden, bis er mir die Bedeutung des Gegenstandes andeutete, und nun entfaltete sich vor den Augen eine höchst interessante Erscheinung mit einer überraschenden Naturtreue. Ich sah nämlich drei Glasplatten und einen Lichtstrahl, der auf die erste, welche sich in einer diagonalen Lage befand, auffallend, von dieser nach der zweiten und senkrechten reflectirt wurde, durch welche er hindurchging und auf die dritte in einer Neigung wie die erste stehend, auffiel und von dieser wiederum zurückgeworfen wurde.

Bei allen Experimenten mit dem Stereoskope ist es unverkennbar, dafs die beiden verschiedenen Gesichtseindrücke eine einfache Gesichtsvorstellung erzeugen; in dem gehörigen Relief erscheint die ge-

Ich habe zu diesen Experimenten nur Contourzeichnungen angewendet, denn wären die Figuren schattirt oder colorirt, so könnte man leicht glauben, dafs der Effect entweder ganz oder wenigstens zum Theil hiervon abhinge, da hingegen bei Weglassung der Schatten und der Farben kein Zweifel stattfinden kann, dafs der Effect des Reliefs allein durch die gleichzeitige Wahrnehmung zweier Nervenhautbilder hervorgebracht wird. Will man aber eine recht treue Erscheinung des wirklichen Objects haben, so können Farben und Schattirungen angewendet werden, um den Effect zu erhöhen. Der Künstler mufs aber die beiden Bilder mit der gröfsten Sorgfalt und Aufmerksamkeit zeichnen, schattiren und malen, wenn der Beobachter in der Wahrnehmung der reflectirten Bilder eine vollkommene Identität mit dem wirklichen Originalobjecte erkennen soll. Blumen, Krystalle, Büsten, Vasen, Instrumente von verschiedener Art u. s. w. lassen sich auf diese Weise so täuschend darstellen, dafs sie von den reellen Objecten selbst durch das Gesicht nicht zu unterscheiden sind.

Es ist der Bemerkung werth, dafs das Verfahren, durch welches wir hier mit der wahren Form eines Objects von drei Dimensionen bekannt wurden, genau das-

sehene Figur jedoch nur dann, wenn wir einen klaren Begriff von dem dargestellten Gegenstande haben. Dieser ist zum Erkennen des Gegenstandes nach seinen drei Dimensionen unerläfslich; hatten wir ihn nicht schon vorher, so müssen wir uns ihn durch eine aufmerksame Betrachtung oder durch eine gegebene Erklärung der Gesichtserscheinung erst aneignen, oder wenigstens berichtigen, gerade wie wir beim gewöhnlichen Sehen die unvollkommene Gesichtsvorstellung von einem uns neuen und unbekannten Gegenstande durch den Tastsinn berichtigen müssen, so wie überhaupt alle ersten Vorstellungen von uns neuen Gegenständen mehr oder weniger Berichtigung bedürfen, um einen klaren Begriff zu bilden, der zum vollkommenen Erkennen des Gegenstandes nöthig ist. Das Sehen eines Gegenstandes im Stereoskope nach seinen drei Dimensionen scheint daher theils von den verschiedenen Gesichtseindrücken auf beide Augen und theils von der Seele abzuhängen. Dr. F.

selbe ist, welches in der darstellenden Geometrie angewendet wird; eine Wissenschaft von Wichtigkeit, welche wir dem talentvollen Monge verdanken, die aber in England nur wenig studirt wird und überhaupt wenig bekannt ist. In dieser Wissenschaft wird die Lage eines Punktes, einer geraden Linie, oder einer Curve und folglich jeder andern Figur dadurch vollkommen bestimmt, dafs die Projection derselben auf zwei feststehende Ebenen gezeichnet wird, deren Lagen bekannt, jedoch niemals parallel sind. Bei der Aufgabe der darstellenden Geometrie nimmt man gewöhnlich an, dafs die beiden Ebenen einen rechten Winkel mit einander bilden; bei dem gewöhnlichen Sehen mit beiden Augen ist aber die Neigung dieser Ebenen in demselben Verhältnisse geringer, als der von den Sehachsen an ihrem Kreuzungspunkte gebildete Winkel geringer ist. Es bildet sich folglich die Gesichtsvorstellung von einem soliden Objecte durch zwei verschiedene Ansichten desselben, wovon jedem Auge eine angehört, und die den verschiedenen Entfernungen dieser Ansichten von den Augen entsprechen; die Wahrnehmung dieser Verschiedenheit mag (obschon wir uns dessen nichts bewufst zu seyn scheinen) zur Schätzung der Entfernung des Objects beitragen. Je mehr die aufeinander Bezug habenden Ebenen geneigt sind, mit um so gröfserer Genauigkeit bezieht sich jeder projicirte Punkt der Ebenen auf seinen wahren Ort; und es scheint daher eine nützliche Natureinrichtung zu seyn, dafs auf diese Weise die wahre Gestalt von uns nähern Objecten bestimmter erkannt wird als von entfernteren.

§. 5.

Einen sehr sonderbaren Effect hat die Verwechslung der Zeichnungen d. h., wenn die in dem Stereoskope für das rechte Auge bestimmte, auf die linke Seite desselben, und die der linken auf die rechte Seite gestellt wird. Man gewahrt dann ebenfalls eine Figur

von drei Dimensionen und in demselben deutlichen Relief, aber ihre Form ist von der verschieden, welche beobachtet wurde, als die Zeichnungen an ihrem richtigen Platze waren; da diese Figur eine gewisse Vewandtschaft zu der wahren Figur hat, so werde ich sie die umgekehrte nennen. Dieselben Theile, welche in der wahren Figur dem Beobachter die näheren waren, sind in der umgekehrten die entfernteren, und *vice versa*, so dafs die Figur wie umgekehrt erscheint, obschon es keine genaue Inversion ist, denn die nähern Theile der umgekehrten Figur erscheinen kleiner und die entfernteren gröfser als vor der Verwandlung. Diejenigen Zeichnungen, welche, wenn sie sich an ihrem richtigen Platze befinden, einen Würfel wahrnehmen lassen, stellen nach der Verwechselung den Abschnitt einer viereckigen Pyramide dar, deren Basis von den Augen abgewendet ist; die Ursache dieser Verwandlung ist leicht einzusehen.

Diese Umkehrung des Reliefs findet mit allen jenen paarigen Zeichnungen von Fig. 10 bis 19 statt. In allen Fällen, wo solche einfache Zeichnungen wie diese angewendet werden, wird die umgekehrte Figur mit derselben Leichtigkeit und Schnelligkeit wahrgenommen, als die wahre, weil jene ebenfalls gewöhnliche Gegenstände vorstellen; werden aber zusammengesetztere Figuren zu dem Experimente benutzt, z. B. die Zeichnung eines Gebäudes, so kann man in derselben keine Bedeutung finden, weil wir nämlich mit einem Gegenstande, der aus der Umkehrung eines solchen Objectes hervorgeht, ganz unbekannt sind, indem er in der Natur nie vorkommt.

§. 6.

Es ist klar, dafs die Nervenhautbilder sich gleich sind, wenn wir einen Gegenstand von drei Dimensionen oder seine Projection auf eine ebene Fläche betrachten, vorausgesetzt dafs der Punkt, von welchem aus sie betrachtet werden, in beiden Fällen derselbe ist. Es darf da-

daher kein Unterschied in der objectiven Erscheinung stattfinden, wenn den Augen entweder zwei Zeichnungen, eine für jedes Auge, oder zwei reelle Gegenstände so dargeboten werden, dafs sich die Nervenhautbilder in beiden Fällen gleich sind. Die nächsten Experimente werden die Richtigkeit dieser Folgerung beweisen.

Ich besorgte mir mehre paarige Figuren von drei Dimensionen, welche entweder aus Eisendraht oder aus ungefähr $\frac{1}{10}$ Zoll dicken Ebenholz-Leistchen gefertigt waren, und nur die Umrisse oder ein Gerippe der Figur darstellten. Am meisten bediente ich mich zweier Würfel von drei Cubikzoll Durchmesser. Wenn ich diese Figuren vor die beiden Spiegel des Stereoskop stellte, so beobachtete ich den folgenden Effect, je nachdem ich die relative Stellung derselben änderte. 1) Wenn ich sie so stellte, dafs die Reflexe in den Spiegeln solche Nervenhautbilder hervorbrachten, die denen gleich waren, welche ein in dem Kreuzungspunkt der Sehachsen sich befindlicher Würfel erzeugt haben würde, so war die objective Gesichtserscheinung ein Würfel in Relief. 2) Stellte ich sie so, dafs in beiden Augen zwei einander vollkommen gleiche Nervenhautbilder entstanden, so war der Effect von Relief gänzlich vernichtet, und die objective Erscheinung war nichts anders als eine Contourdarstellung in einer ebenen Fläche. 3) Gab ich ihnen eine solche Stellung, dafs dasselbe Bild, welches in dem ersten Falle von dem Reflexe der einen Figur auf die Retina des linken Auges projicirt worden war, nun auf der des rechten Auges hervorgerufen wurde und *vice versa*, so erschien die umgekehrte Figur des Würfels im Relief.

§. 7.

Wenn ein symmetrisches Object, das heifst ein solches, dessen rechte und linke Seite einander vollkommen gleich, jedoch umgekehrt sind, so gestellt wird, dafs je-

der Punkt einer Ebene, welche es in zwei Hälften theilt, gleichweit von den Augen entfernt ist, so ist die Ansicht desselben, welche sich dem einen Auge darstellt, natürlich ein Facsimile von der, welche sich dem andern darbietet. Fig. 15a und b sind solche symmetrische Ansichten von einem Abschnitte einer vierseitigen Pyramide, und Fig. 13, 14 und 16 sind sich entsprechende Ansichten von andern symmetrischen Objecten. Diefs im Auge behaltend, werde ich nun ein Experimeut beschreiben, welches, hätte man es zufällig vor der Bekanntschaft mit den Grundsätzen dieser Abhandlung beobachtet, gewifs für eine unerklärliche optische Illusion gehalten wäre.

M und *M'* Fig. 21, sind zwei so gestellte Spiegel, dafs ihre vordern Flächen einen Winkel von 90° bilden. *A* ist eine flache Figur, z. B. wie Fig. 15a, von Eisendraht oder einer so ausgeschnittenen Karte gefertigt, dafs nur die Form der Figur zurückbleibt. Wird nun diese Figur in die Mittellinie *A* zwischen beiden Spiegeln gestellt, so werden die Reflexe dieser Figur hinter den Spiegeln in *B* und *B'* erscheinen, und der eine ist das umgekehrte Bild des anderen. Es ist klar, dafs, wenn sich die Sehachsen in *C* kreuzen, diese beiden reflectirten Bilder auf correspondirende Theile der beiden Nervenhäute fallen, und die Erscheinung ist eine Figur von drei Dimensionen; wird der Gegenstand in *A* umgewendet, so sieht man die umgekehrte Figur in räumlicher Ausdehnung. Beide Experimente zeigen das sonderbare Phänomen der Verwandlung einer flachen Figur in eine von drei Dimensionen. Um die objective Erscheinung recht deutlich zu machen, kann man sich concaver Linsen bedienen, und um die beiden seitlichen Bilder den Augen zu verbergen, kann man in der Richtung von *D* und *D'* zwei Schirme anbringen.

§. 8.

Der Effect der Perspective wird auch in einem mit

beiden Augen betrachteten Teller von Metall beobachtet, dessen Oberfläche durch Drehen auf einer Drehbank polirt worden ist. Nähert man ihn nämlich einer Lichtflamme, so tritt aus ihm gleichsam eine Lichtlinie heraus, deren eine Hälfte über und die andere unter seiner Oberfläche sich zu befinden scheint. Die Richtung und Neigung dieser Linie ändert sich mit der Stellung des Lichts und mit der des Beobachters, aber immer durchschneidet sie den Mittelpunkt des Tellers. Schliefst man das linke Auge, so verschwindet das Hervorstehen der Lichtlinie und sie fällt mit dem Diameter des Tellers zusammen; schliefst man das rechte, so erscheint die Linie ebenfalls in der Ebene der Oberfläche, fällt jedoch mit einem andern Diameter zusammen, öffnet man aber beide Augen, so tritt auch die Linie sogleich aus der ebenen Fläche hervor [1]). Dieser Fall entspricht jenem Experimente im Stereoskope mit Fig. 10, wo jedem Auge eine etwas geneigte Linie zur Ansicht dargeboten wird. Es ist sonderbar, dafs eine Erscheinung wie diese, die unzählige Mal gesehen wird, die Aufmerksamkeit eines naturforschenden Auges nicht auf sich gezogen und hinreichend gefesselt hat. Diese Beobachtung war eine der ersten, die mich auf den Gegenstand hinleitete, welchen ich hier behandle.

Dr. Smith [2]) befand sich in einem Falle einer mit zwei Augen gesehenen Perspective sehr in Verlegenheit, ohne ihn erklären zu können. Er hielt einen geöffneten und bei dem Kopfe gefafsten Zirkel so vor die Augen, dafs die Spitzen desselben gleichweit von den Augen entfernt, und nach aufsen gerichtet sich etwas höher befan-

1) Die von einem Auge gesehene Lichtlinie entsteht durch die Reflexion des Lichts von jedem der unendlich vielen concentrischen Zirkel, welche das Polieren auf der Drehbank erzeugt; ist der Teller nicht grofs, so bilden die aufeinander folgenden Reflexe eine vollkommen gerade Linie.

2) *System of Optics*, *Vol. II p.* 388 u. 526.

den als der Zirkelkopf; indem er nun nach einem entfernten Gegenstand sah, erschien ihm der Zirkel doppelt. Er drückte nun die Schenkel des Zirkels so weit zusammen, daſs sich die beiden innern Spitzen vereinigten, wobei sich die beiden innern Schenkel ebenfalls vereinigten und den von den äuſsern Schenkeln gebildeten Winkel durchschnitten, und jetzt beobachtete er die vereinigten innern Schenkel nicht nur dicker und länger als vorher, sondern sie erstreckten sich sogar von der Hand bis zu einem in der weitesten Ferne gesehenen Gegenstande. Die Erklärung, welche Dr. Smith darüber giebt, bezieht sich nur auf das Zusammenfallen der Zirkelspitzen, aber nicht auf das der ganzen Schenkel. Der Effect ist am deutlichsten, wenn man das Experiment mit zwei geraden Stücken Draht von ungefähr 1 Fuſs Länge anstellt. Eine ähnliche Beobachtung machte Dr. Wells mit zwei flachen Linealen und später mit seidenen Fäden; sie erschien ihm aber durch alle schon vorhandenen Theorien so unerklärlich, daſs er sich veranlaſst fühlte eine neue Theorie über die Richtung des Sehens vorzuschlagen, welche sie erklären sollte.

§. 9.

Aus allen den vorhergehenden Experimenten geht deutlich hervor, daſs ein wesentlicher Unterschied in der Erscheinung der Objecte stattfindet, wenn sie mit beiden oder nur mit einem Auge betrachtet werden, und daſs durch die gleichzeitige Wahrnehmung zweier verschiedener Perspectiv-Ansichten die lebhafteste Ueberzeugung von der Solidität eines Objects von drei Dimensionen in der Seele hervorgerufen wird. Wie kommt es aber, wird man sagen, daſs Personen, die nur mit einem Auge sehen, sich doch richtige Begriffe von soliden Objecten bilden und sie nie mit Bildern verwechseln? Und wie kommt es ebenfalls, daſs solche, die ein vollkommen gutes Gesicht auf beiden Augen besitzen, keinen Unterschied in

den Objecten wahrnehmen, wenn sie ein Auge schliefsen? Um diese scheinbare Schwierigkeit zu heben, mufs man berücksichtigen, dafs, obschon das gleichzeitige Sehen zweier ungleicher Ansichten eines Objectes die Wahrnehmung desselben in Relief auf das lebhafteste veranlafst, doch noch andere Umstände und Zeichen zur Bildung der Gesichtsvorstellungen mit beitragen, welche zwar zweideutiger als jene, doch aber weniger geeignet sind, das Urtheil im Verhältnisse zu unseren früheren Erfahrungen irre zu leiten. Die durch die beiden ungleichen Nervenhautbilder hervorgebrachte Deutlichkeit des Reliefs wird um so geringer, je mehr das Object von den Augen entfernt ist, und verliert sich endlich ganz, wenn die Sehachsen während der Betrachtung fast parallel sind. Ueber diese Entfernung hinaus sehen wir mit beiden Augen alle Objecte genau in demselben Verhältnisse, als wir ein nahes Object mit einem Auge sehen; denn die beiden Nervenhautbilder sind sich dann vollkommen gleich, und die Seele vernimmt daher keinen Unterschied, es mögen zwei identische Bilder auf correspondirende Theile beider Retinen oder nur eins dieser Bilder auf die Retina eines Auges fallen. Wer daher des Sehvermögens auf einem Auge beraubt ist, sieht alle Gegenstände der Aufsenwelt, nahe oder ferne, ganz in dem Verhältnisse, als ein anderer mit beiden Augen nur die entfernten sieht. Den lebhaften Effect, welcher durch das Sehen der nahen Gegenstände mit beiden Augen entsteht, kann der erste nie beobachten, und um diesen Mangel abzuhelfen, nimmt er, ohne es zu wissen, zu andern Mitteln seine Zuflucht, welche das genauere Erkennen der Objecte unterstützen. Die Bewegung des Kopfes ist das Haupthülfsmittel dieser Art. Dafs das nöthige Erkennen eines Objects hierdurch erlangt werden kann, wird aus dem Folgenden klar werden. Mit der Vorstellung eines soliden Objects verbindet die Seele auch verschiedene Ansichten desselben, welche sie aus der bisherigen Er-

fahrung entnommen hat. Eine einzige Ansicht konnte zweideutig seyn, indem sie vielleicht nur einer bloſsen Zeichnung oder einem übrigens ganz verschiedenen Objecte angehören mochte; treten dagegen mehrere verschiedene Ansichten nach und nach vor die Seele, so können sie nicht alle auf ein anderes Object bezogen werden, als auf das, dem sie sämmtlich angehören, und auf diese Weise erhält der Gegenstand seinen vollkommenen Charakter. Nimmt man nun an, daſs das Object feststehe, so wird es bei jeder Bewegung des Kopfes von einem andern Gesichtspunkte aus betrachtet und das Nervenhautbild verändert sich folglich fortwährend.

Es ist eine bekannte Sache, daſs der Effect der Perspective eines Gemäldes durch die Betrachtung desselben mit einem Auge bedeutend erhöht wird, besonders wenn man es durch eine Röhre ansieht, um die seitlichen Gegenstände auszuschlieſsen, welche die Illusion vielleicht stören konnten. Das Sehen findet unter solchen Verhältnissen von dem zweckmäſsigen Gesichtspunkte aus statt, und die Umrisse, Schatten und Farben des Gemäldes werden auf dieselbe Weise auf die Retina projicirt, als dieſs geschehen würde, wenn man den hier bildlich dargestellten Gegenstand als einen in der Natur reell vorkommenden aus einer gewissen Ferne betrachtete; überdieſs sind alle Umstände, die uns von der Gegenwart eines Gemäldes überzeugen könnten, entfernt, und der Thätigkeit der Einbildung freies Spiel gelassen. Diesen offenbaren Vorzug der Betrachtung eines Gemäldes mit einem Auge haben einige der ältern Autoren irriger Weise einer Concentration der Sehkraft in diesem Auge zugeschrieben [1]).

1) „Wir sehen mit einem Auge, bei geschlossenem anderen, weit schärfer als mit beiden, weil sich dann die *spiritus vitales* mehr vereinigen und kräftiger werden; denn wenn wir ein Auge schlieſsen und mit dem andern in einen Spiegel sehen, so finden wir, daſs sich die Pupille des andern erweitert." — Lord Bacon's Werke, *Sylva Sylvarum*, Art. Sehen.

Es giebt eine wohl bekannte und sehr auffallende Illusion der Perspective, welche im Vorbeigehen bemerkt zu werden verdient, weil die Ursache davon nicht allgemein verstanden zu seyn scheint. Das von einem Gebäude auf eine horizontale Ebene projicirte Bild, welches bei einer grofsen Neigung der Richtungslinie des Sehens beobachtet und so nachgezeichnet wird, erscheint einem Auge, das sich in dem Gesichtspunkte befindet, von welchem aus die Perspective des Gebäudes aufgenommen wurde, im auffallend deutlichen Relief [1]); die Illusion ist hier fast so vollkommen als in den Experimenten, welche §. 2, 3 und 4 beschrieben worden sind. Dieser Effect entsteht nur durch die ungewöhnliche Projection des Bildes, welche mehr geeignet ist, die Vorstellung von dem Objecte selbst, als die von der Zeichnung hervorzurufen; denn wir sind gewohnt reelle Gegenstände fast von jedem Gesichtspunkte aus zu sehen, und, da Perspectiv-Darstellungen gewöhnlich auf einer senkrechten Ebene und für eine auf dieser Ebene rechtwinklichen Richtungslinie des Sehens gefertigt werden, so sind wir mit auf eine andere Art dargestellten Ansichten weniger vertraut. Die Darstellung eines Objects, welche nach irgend einer ungewöhnlichen Projection gezeichnet wurde, hat ganz denselben Effect.

§. 10.

Wenn wir mit einem Auge die Zeichnung von einer

1) Um ein solches Bild zu fertigen muſs das Object von dem Künstler ziemlich entfernt seyn und sich niedriger als die Augen befinden, so daſs die Richtungslinie des Sehens in einer Diagonale nach abwärts läuft. Das Object wird nun in dieser Richtung durch eine in eine horizontale Ebene gebrachte Glasplatte betrachtet, und das von dem Objecte auf sie projicirte Bild nachgezeichnet und dann weiter ausgeführt. Das Panorama ist bekanntlich eine solche horizontale Zeichnung, welche in einer verticalen Richtung aufgestellt, von dem Gesichtspunkte aus betrachtet wird, von welchem der Künstler den Gegenstand aufnahm, und daher eine so lebhafte und natürliche Erscheinung darbietet. Dr. F.

soliden geometrischen Figur betrachten, so kann man sich dieselbe als eine Darstellung von zwei unähnlichen soliden Figuren denken, einmal als die Figur, welche wir darzustellen beabsichtigen, und dann als die umgekehrte (§. 5.) Ist die erste eine oft und die zweite eine seltner vorkommende Figur, so verweilt die Einbildung bei jener ohne auf diese überzugehn; kommen aber beide in der Natur gleich oft vor, was mit einfachen Formen gewöhnlich der Fall ist, so tritt ein sonderbares Phänomen ein, es wird nämlich bald die eine und bald die andere Figur deutlich gesehen und erkannt; aber es steht nicht in der Willenskraft des Beobachters, während er die eine sieht, diese mit der andern sogleich zu wechseln.

Dasselbe Phänomen tritt ein, jedoch weniger bestimmt, wenn die Zeichnung mit beiden Augen betrachtet wird. Man erinnere sich hier des sonderbaren Effectes einiger von jenen Figuren, die den Problemen des elften Buches von Euclides beigefügt sind. Werden sie scharf angesehen, so verändert sich die Form der soliden Figur abwechselnd und unabhängig von der Willenskraft; es bleibt z. B. die umgekehrte Figur fortwährend vor den Augen, wenn man auch noch so sehr wünscht die wahre allein zu sehen. Obschon diese Illusion oft vorkommt, so habe ich doch nur eine einzige schriftliche Beobachtung darüber aufgefunden, nämlich vom Prof. Necker in Genf, welche ich aus dem *Philosophical Magazine*, dritte Reihe, Bd. I, S. 337 in seinen eigenen Worten hier anführen will [1]).

„Der Gegenstand, auf den ich nun die Aufmerksamkeit meiner Leser zu lenken habe, ist eine Beobachtung, die mir bei der Betrachtung von Kupferstichen oder Abbildungen von Krystallisationsformen oft vorkam, ich meine die plötzliche und unwillkürliche Veränderung in der augenscheinlichen Lage eines Krystalles oder eines andern bildlich dargestellten soliden Körpers. Was ich eigentlich meine, wird durch die beigefügte Figur klarer ver-

1) Vergl. auch diese Ann. Bd. XXVII S. 502. P.

standen werden (Fig. 22). Das Rhomboëder *AX* ist in einer solchen Stellung gezeichnet, dafs die Ecke *A* den Augen näher und *X* entfernter, dafs *ACDB* eine vordere und *XDC* eine hintere Fläche desselben ist. Betrachtet man diese Figur zu wiederholten Malen, so beobachtet man die augenscheinliche Lage des Rhombus bisweilen so verändert, dafs die Ecke *X* den Augen näher und *A* entfernter, dafs die Fläche *ACDB* die hintere und *XDC* die vordere zu seyn scheint, wodurch eine der frühern ganz entgegengesetzte scheinbare Neigung des Rhomboëders entsteht."

Prof. Necker schreibt diese Veränderung der Figur nicht der Thätigkeit der Seele, sondern einer unwillkürlichen Veränderung in dem Accomodationszustande des Auges für das deutliche Sehen zu. Er nimmt an, dafs, wenn der am schärfsten empfindende Punkt der Retina auf den Winkel *A* z. B. gerichtet ist, dieser Winkel, indem er deutlicher gesehen werde als die übrigen, natürlich auch für näher und für den vordern gehalten werden müsse, während die andern weniger deutlich gesehenen Winkel für entfernter und für die hintern genommen werden, und dafs das Umgekehrte stattfinde, wenn der Punkt des deutlichsten Sehens auf den Winkel *X* gerichtet wird.

Dafs diefs aber nicht die wahre Erklärung sey, läfst sich aus den drei folgenden Gründen ersehen: 1) da die beiden Punkte *A* und *X* in einer und derselben Entfernung von den Augen sind, so würde der einmal angenommene Accomodationszustand des Auges für das deutliche Sehen des einen Punktes, zugleich auch für den andern passen; 2) wird ganz derselbe Wechsel der Figur stattfinden, es mag sich das Auge für eine kürzere oder längere Sehweite einrichten, als die Entfernung der Zeichnung von dem Auge ist; und 3) tritt der Wechsel oft ein, während das Auge einen und denselben Winkel anhaltend fixirt. Der Effect scheint allein von der geisti-

gen Beschauung abzuhängen, ob uns nämlich die Vorstellung von der wahren oder umgekehrten Figur mehr gegenwärtig ist. Wird der Umrifs einer von beiden Figuren mit dem Auge verfolgt, und dabei die klare Idee dieser Figur festgehalten, so können wir sie auch für längere Zeit fixiren; es verlangt aber diefs, so wie die willkürliche Veränderung der Figur einige Uebung. Der Effect von Versuchen dieser Art ist, wie schon früher bemerkt, weit auffallender, wenn die Figur nur mit einem Auge betrachtet wird.

Eine solche Illusion kann nicht eintreten, wenn ein Object von drei Dimensionen und unter einem merklichen Sehwinkel mit beiden Augen betrachtet wird, weil dann die ungleichen Nervenhautbilder beider Augen jede Möglichkeit der Täuschung verhindern. Wird dagegen ein Object in einer solchen Entfernung gesehen, dafs die beiden Nervenhautbilder fast identisch sind, und läfst dieses dann gleichsam einfache Bild überdiefs eine doppelte Auslegung zu, so kann eine Illusion dieser Art wohl vorkommen. Auf diese Weise kann eine an einem Brett befestigte und auf einer Stange erhöht in der Strafse herumgetragene Bekanntmachung, wenn sie aus der Ferne und gerade in einer etwas geneigten Stellung gesehen wird, oft in der entgegengesetzten Neigung erscheinen. Es liefsen sich hier eine Menge ähnlicher Fälle anführen, dieser mag jedoch genügen, um an andere zu erinnern; übrigens mufs bemerkt werden, dafs, wenn Schattirungen oder andere das Urtheil zu bestimmen geeignete Umstände gegenwärtig sind, diese Täuschungen nicht vorkommen.

§. 11.

Dieselbe Unbestimmtheit des Urtheils, welche in einer Zeichnung zwei verschiedene Figuren abwechselnd wahrnehmen läfst, giebt oft Veranlassung zu einer unrichtigen Vorstellung, der mit einem Auge betrachteten Objecte in Relief. Die scheinbare Umkehrung eines Hoch-

bildes, einer Gemme, in ein vertieftes Bild, und eines vertieft geschnittenen Steines in eine Gemme ist eine wohlbekannte Gesichtstäuschung. Aber es scheint mir weder die über diese Erscheinung gegebene Erklärung richtig, noch die Bedingungen, unter welchen diese Umkehrung eintritt, genau bestimmt zu seyn.

Diese sonderbare Illusion, welcher man viel Aufmerksamkeit geschenkt hat, wurde zuerst bei einer der früheren Versammlungen der *Royal Society* beobachtet [1]). Mehrere Mitglieder dieser Gesellschaft betrachteten durch ein zusammengesetztes Mikroskop das Gepräge einer neuen Goldmünze, einige sahen es vertieft und andere erhöht, wie es wirklich war. Prof. Gmelin in Würtemberg publicirte eine Abhandlung über diesen Gegenstand in den *Philosophical Transactions*, Jahrgang 1745. Er bediente sich zu den Experimenten Teleskope und zusammengesetzter Microskope, welche die Umkehrung veranlafsten, bemerkt aber, dafs die Umkehrung des Reliefs nicht in allen Fällen, nicht zu jeder Zeit und nicht allen Augen erscheine. Er bemühte sich einige der Bedingungen dieser Erscheinung aufzusuchen; — „aber warum das so geschieht," sagt er, „mafse ich mir nicht an zu bestimmen."

Sir David Brewster erklärt diese Illusion auf folgende Weise [2]): „Ein vertieft geschnittenes Petschaft sey von einem Fenster oder Lichte beleuchtet; der Schatten wird dann natürlich an der Seite seyn, wo das Licht herkommt. Wird nun das Petschaft durch eine oder mehrere Linsen umgekehrt, so dafs das gravirte Bild nach der entgegengesetzten Seite sieht, so wird auch der Schatten desselben an der dem Fenster entgegengesetzten Seite gesehen. Da wir aber wissen, dafs das Fenster an unserer linken Seite ist, und dafs ein Gegenstand, wo sich der Schatten an der, von dem Lichte am meisten entfernten Seite befindet, nothwendiger Weise ein convexer oder

1) Birch's *History*, *vol. II*, *p.* 348.
2) *Natural Magick*, *p.* 100.

erhöhter seyn mufs, so halten wir daher augenblicklich dafür, dafs das vertiefte Bild des Petschaftes ein Basrelief sey. Der Beweis von einem Hochbilde des Petschaftes, welchen uns der Gesichtssinn auf diese Weise liefert, überwiegt hier die Kenntnifs von dem Vertieftseyn desselben, welche wir durch die genauere Untersuchung mittelst des Tastsinnes erlangt hatten. Die Täuschung wird in diesem Experimente dadurch veranlafst, dafs wir von der wahren Richtung, in welcher das Petschaft beleuchtet wird, überzeugt sind; denn wäre das Bild nicht allein umgekehrt, sondern auch das Fenster auf die entgegengesestzte Seite gesetzt worden, so hätte die Gesichtstäuschung nicht stattgefunden. Es ist daher diese Illusion, meiner Ansicht nach, das Resultat der Thätigkeit der Urtheilskraft, welche hier durch die Kenntnifs geleitet wird, die wir von Licht und Schatten in Beziehung auf die Form der Körper erlangt haben."

Diese Ansicht erklärt das Phänomen nicht vollkommen, denn sie nimmt an, dafs das Object umgekehrt und in einer gewissen Richtung beleuchtet seyn mufs; allein die Umkehrung des Reliefs tritt ebenfalls ein, wenn das Object durch eine offene Röhre und ohne Linse, welche es umkehrt, betrachtet wird, und wenn alle Theile desselben gleichmäfsig beleuchtet sind. Die wahre Erklärung, glaube ich, ist folgende. Denken wir uns einen Stein mit einem erhöht und einen zweiten mit einem vertieft geschnittenen Bilde von einem und demselben Gegenstande, so dafs die Vertiefungen des einen den Erhöhungen des andern genau entsprechen, so ist es leicht einzusehen, dafs die Nervenhautbilder von beiden Steinen dieselben sein müssen. Werden die Steine mit beiden Augen betrachtet, so ist es unmöglich das erhöhte Bild mit dem vertieften zu verwechseln, aus Gründen die schon früher hinreichend erörtert worden sind; werden sie dagegen nur mit einem Auge betrachtet, so fehlt der Urtheilskraft ihre zuverlässige Richtschnur, nämlich

die Darstellung eines verschiedenen Bildes auf der Retina jedes Auges; die Einbildungskraft ersetzt nun den Mangel derselben, und wir sehen daher das Bild des Objectes erhöht oder vertieft, gerade wie sie es uns vorstellt und angiebt. Ohne Zweifel haben in diesen Fällen noch andere hinzukommende Umstände auf das Urtheil einigen Einfluſs, und das Hochbild oder das vertiefte mag bisweilen der vorausgehenden Kenntniſs von der Richtung, in welcher der Schatten unserer Meinung nach fallen müsse, entsprechend erscheinen; die wahre Ursache des Phänomens ist jedoch nur in der Unbestimmtheit des Urtheilens zu suchen, welche aus der Abwesenheit der für die Urtheilskraft sicheren Anhaltungspunkte hervorgeht.

Wer mit mikroskopischen Untersuchungen beschäftigt ist, muſs gegen Täuschungen dieser Art auf seiner Hut seyn. Raspail sagt [1]), daſs die hohle, pyramidale Krystallisationsform von *Kochsalz* durch ein Mikroskop betrachtet, als eine gestreifte Pyramide in Relief erscheine. Er empfiehlt zwei Methoden die Täuschung zu berichtigen. Die erste besteht darin, daſs man nach und nach die verschiedenen Theile des Krystalls in den Focus des Instruments bringen soll; ist die Pyramide in Relief, so wird die Spitze derselben in dem Focus früher erscheinen als die Basis, ist sie aber vertieft, so findet das Gegentheil statt. Die zweite ist, daſs man auf den sich im Sehfelde des Mikroskopes befindlichen Krystall ein starkes Licht fallen läſst, und nun beobachtet, welche Seiten der Pyramide beleuchtet sind; wird hierzu ein zusammengesetztes Mikroskop benutzt, so muſs die Umkehrung des Objects mit in Anschlag gebracht werden.

Die Umkehrung des Reliefs ist höchst auffallend, wenn das Skelett eines Würfels nur mit einem Auge betrachtet wird, wobei sich folgender Effect zeigt. So lange man die wahre Form des Würfels wahrnimmt, so wird,

1) *Nouveau Système de Chimie Organique, 2me edit. t. I. p.* 333.

wie man ihn auch immer drehen und wenden mag, die dadurch veranlafste Verschiedenheit der Erscheinung doch nichts anders als eine verschiedene Ansicht eines und desselben Gegenstandes seyn; diefs findet aber nicht statt, wenn die Aufmerksamkeit von der umgekehrten Figur gefesselt wird, dann hat die Reihe der aufeinander folgenden Ansichten keine Beziehung auf irgend einen Gegenstand, welcher alle diese Ansichten darbieten könnte, und daher wird die Figur eine fortwährende Veränderung der Form erleiden.

§. 12.

Ich habe bisher hinreichende Beweise geliefert, dafs Objecte, deren Bilder auf nicht-correspondirende Punkte der beiden Retinen fallen, dennoch einfach gesehen werden. Jetzt werde ich dagegen ein Experiment angeben, welches beweifst, dafs gleiche Bilder, welche auf correspondirende Nervenhautpunkte fallen, doppelt und an verschiedenen Orten erscheinen.

Wird dem rechten Auge eine verticale und dem linken eine von der Senkrechtheit etwas abweichende Linie (Fig. 23.) in dem Stereoskope dargeboten, so sieht man, wie früher gezeigt, eine Linie, deren Extremitäten sich in verschiedenen Entfernungen vor den Augen zu befinden scheinen. Es werde nun auf das Blatt für das linke Auge in der Mitte der schon vorhandenen und geneigten Linie eine schwächere und verticale gezogen, welche der auf dem Blatte für das rechte Auge befindliehen Linie in Stellung und Länge genau entspricht. Betrachtet man jetzt die beiden Blätter im Stereoskope, so werden die beiden stärkern Linien, von denen jede mit einem Auge gesehen wird, sich decken und die daraus resultirende einfache Linie wird in derselben perspectiven Linie erscheinen als es vorher der Fall war; die schwache Linie aber, welche auf Nervenhautpunkte des linken Auges fällt, welche mit denen des rechten correspondiren,

auf welchen sich die starke verticale Linie darstellt, erscheint an einem verschiedenen Orte. Sie nimmt nämlich den Ort ein, wo sich dic Ebene der Richtung des Sehens für das linke Auge, in welchem sich die schwache Linie darstellt, mit der Ebene der Richtung des Sehens für das rechte Auge, welches die starke Linie enthält, durchschneidet.

Dieses Experiment liefert zugleich noch den Beweis, dafs die als nothwendig angenommene physiologische Verbindung correspondirender Punkte beider Retinen gar nicht existirt, — eine Lehre, die von so vielen Autoren behauptet und vertheidigt worden ist.

§. 13.

Phänomen, wenn die Nervenhautbilder beider Augen von verschiedener Gröfse sind.

Wir wollen jetzt den Effect aufsuchen, welcher hervorgeht, wenn Bilder von gleicher Form aber von verschiedener Gröfse sich auf analogen Theilen der Nervenhäute darstellen. Für diesen Zweck zeichne man zwei Vierecke oder Kreise deren Gröfse merklich, jedoch nicht übermäfsig verschieden ist, auf zwei Karten, und stelle diese so in das Stereoskop, dafs die Reflexe gleichweit von den beobachtenden Augen entfernt zu seyn scheinen. Man wird nun beobachten, dafs ungeachtet der Verschiedenheit der Zeichnungen die beiden Bilder sich doch vereinigen und eine einfache Gesichtsvorstellung verursachen. Die Gränze der Gröfsenverschiedenheit, innerhalb welcher die einfache Erscheinung überhaupt vorkommen kann, läfst sich durch die Anwendung zweier Zeichnungen von gleicher Gröfse ermitteln, indem nämlich die eine fortwährend in derselben Entfernung vom Auge bleibt, während die andere so bewegt wird, dafs das reflectirte Bild derselben vom Auge zurücktritt; diefs geschieht, wenn man die Schraube aus dem Instrumente

entfernt und nun den einen horizontalen Schieber *C* (Fig. 8.) etwas herauszieht, ohne den andern zu verrücken.

Das Einfacherscheinen zweier Bilder von verschiedener Gröfse wird durch dieses Experiment vollkommen bewiesen, ja der Beobachter ist selbst nicht im Stande wahrzunehmen, welcher Unterschied zwischen der scheinbaren Gröfse des aus beiden Reflexen resultirenden Bildes und der Gröfse jedes nur nach einem Auge reflectirten Bildes stattfindet. Um hierüber zu entscheiden, mufs das Stereoskop verlassen und das Experiment auf eine solche Weise gemacht werden, dafs alle drei Bilder zugleich gesehen werden, was auf folgende Art geschieht. Die beiden Zeichnungen werden in einer Ebene neben einander und gerade vor die Augen gelegt, die Sehachsen müssen sich entweder vor ihnen wie in Fig. 4 oder hinter ihnen wie in Fig. 3 kreuzen, so dafs drei Bilder zu gleicher Zeit gesehen werden, das Bild beider Augen in der Mitte, und das jedes Auges an den Seiten. Auf diese Weise überzeugt man sich, dafs das mit beiden Augen gesehene Bild offenbar die mittlere Gröfse von den beiden seitlichen Bildern hat, die mit jedem Auge allein gesehen werden.

Ist die Gröfse der Zeichnungen zu ungleich, so findet die Vereinigung der beiden Bilder nicht statt. Es scheint, dafs sie sich niemals vereinigen, wenn die Ungleichheit der Zeichnungen gröfser ist, als die Verschiedenheit der beiden Nervenhautbilder von einem Objecte, welches in möglichst seitlicher Richtung betrachtet wird, (d. h. wenn die Augen nach rechts oder links so weit als möglich, ohne ihnen jedoch Gewalt anzuthun, gewendet sind). Würden sich die beiden Nervenhautbilder von verschiedener Gröfse nicht vereinigen, könnte jedes Object nur dann einfach gesehen werden, wenn sich die Sehachsen gerade vor den Augen, d. h. in der Mitte des Sehfeldes kreuzten; denn nur dann kann die Gröfse der Nervenhautbilder beider Augen vollkommen gleich seyn,

wenn

wenn die beiden convergirenden Sehachsen zur Basis des Sehwinkels (eine zwischen den Mittelpunkten beider Augen gezogene gerade Linie) gleiche Neigung haben, als in Fig. 2; ist diese Neigung dagegen im Verhältniſs zur Basis verschieden, als in Fig. 24, so ist auch die Entfernung des Objects für jedes Auge eine verschiedene, und die Nervenhautbilder beider Augen müssen folglich eine verschiedene Gröſse haben. Hält man ein Geldstück in der Richtung *A*, Fig. 24, und läſst die Sehachsen in dem nähern Punkte *C* sich kreuzen, so erscheint es doppelt, und das mit dem linken Auge gesehene ist offenbar kleiner als das andere.

§. 14.

Phänomene, wenn Objecte von verschiedener Form sich auf correspondirenden Theilen der beiden Nervenhäute abbilden.

Wenn wir irgend ein Object mit dem rechten Auge allein für längere Zeit betrachten, so wird es ununterbrochen wahrgenommen; sehen wir mit dem linken Auge ein anderes aber ungleiches Object an, so wird es ebenfalls permanent wahrgenommen; man sollte daher erwarten, daſs, wenn die beiden Objecte, d. h. jedem Auge eins, zu gleicher Zeit dargeboten werden, die Nervenhautbilder beider Augen sich permanent gleichsam decken müſsten. Allein dieſs ist gegen die Erwartung nicht der Fall.

Wird Fig. 25 a dem einen und b dem andern Auge gleichzeitig zur Ansicht dargeboten, so bleibt der gemeinschaftliche Kreis unverändert, während sich der in demselben befindliche Buchstabe abwechselnd verändert, so daſs bald der mit dem rechten, bald der mit dem linken Auge allein gesehene gewahrt wird. Wenn der Wechsel beginnt, so bricht der Buchstabe, welcher eben wahrgenommen wurde, in mehrere Stücke, mit diesen vermengen sich Theile des andern, welcher eben im Begriff ist zu erscheinen, und sogleich nachher ist auch der zweite Buchstabe zusammengesetzt und vollkommen gebildet. Zu

bestimmen, welcher der Buchstaben hervorkommen soll, scheint nicht in der Willenskraft zu liegen, wohl aber die Ausdauer der Erscheinung von Ursachen abzuhängen, die wir willkürlich bestimmen können. Sind nämlich die beiden Figuren gleich stark beleuchtet, so wechseln sie gewöhnlich in gleichen Zeiträumen, ist dagegen die eine mehr beleuchtet als die andere, so wird die weniger helle auch kürzere Zeit gesehen. Diese Experimente habe ich gewöhnlich mit dem Apparate Fig. 6 angestellt. Werden mehr zusammengesetztere Figuren in dem Stereoskope betrachtet, so verändern sich die einzelnen Theile derselben verschieden.

Mit dem in Rede stehenden Gegenstande hängen noch einige andere innig zusammen, welche schon oft in Betrachtung gezogen worden sind. Ich meine die zuerst von Du Tour angestellten Experimente, wo zwei ververschiedene Farben an correspondirende Theile der beiden Retinen fallen. Wenn dem rechten Auge eine blaue und dem linken eine gelbe Scheibe dargeboten wird, so dafs die Farbenbilder auf correspondirende Nervenhauttheile fallen, so wird die Scheibe nicht grün erscheinen, wie sie erscheinen müfste, wenn die beiden Farben, ehe sie die Augen erreichten, mit einander gemischt worden wären, sondern der Beobachter nimmt beide Farben getrennt war, zwar so, dafs die eine oder die andere auf der ganzen Scheibe oder in einem Thnile derselben abwechselnd vorherrscht. Es wird ebenfalls keine Spur von Violet wahrgenommen, wenn Roth auf die eine und Blau auf die andere Retina fällt; eben so wenig Orange von Roth und Gelb. Diese Experimente können füglich mit dem Stereoskope angestellt werden, indem man die farbigen Scheiben hineinstellt, gewöhnlich wurden sie jedoch auf die Weise gemacht, dafs man durch zwei verschiedenfarbige Gläser eine weifse Fläche betrachtete.

Einige Schriftsteller geben an, dafs, wenn jedes Auge eine verschiedene Farbe sieht, die aus der Mischung bei-

der hervorgehende wahrgenommen würde, was aber gegen die Beobachtung ist. Hieher gehören Dr. Reid [1]) und Janin, welche in diesen Irrthum gefallen sind, der ohne Zweifel daraus hervorging, daſs sie nach vorgefaſster Meinung entschieden, ohne auf experimentativem Wege und unbefangen das Resultat zu erforschen

§. 15.

In Beziehung auf den Gesichtssinn ist über keinen Gegenstand so sehr gestritten worden, als über das Einfachsehen der Objecte mit beiden Augen. Ich werde daher in der gegenwärtigen Abhandlung einen kurzen Ueberblick der verschiedenen Theorien geben, welche die Physiologen als Erklärung dieses Gegenstandes vorgebracht haben, damit die Bemerkungen richtig verstanden werden, welche ich in der nächsten Abhandlung niederzulegen habe.

Das Gesetz der Richtung des Sehens mit einem Auge ist von mehreren Autoren verschieden angegeben worden. Einige haben mit Dr. Reid und Porterfield behauptet, daſs jeder äuſsere Punkt in der Richtung einer Linie gesehen werde, welche von seinem Nervenhautbilde aus durch das Centrum des Auges gehe. Andere haben mit Dr. Smith angenommen, daſs die Richtung des Sehens mit dem Achsenstrahle des vom Objecte ausgehenden und das Auge treffenden Lichtkegels zusammenfalle. D'Alembert, der mit der Dichtheit und dem Vermögen der lichtbrechenden Medien des Auges nur unvollkommen bekannt war, wieſs mathematisch nach, daſs nach diesen beiden Erklärungen die scheinbare Gröſse der Objecte sehr verschieden seyn müsse, und schloſs daher, daſs die Objecte in keiner von jenen Richtungen, sondern vielmehr in der einer Linie gesehen würden, welche einen Punkt des Objectes und des Nervenhautbildes dieses Punktes verbindet; er gesteht jedoch, daſs er den

1) *Enquiry, Sect. XIII.*

Grund und die Ursache dieses Gesetzes nicht angeben könne. Sir David Brewster mit genaueren Kenntnissen versehen, hat dargethan, daſs diese drei Linien einander so nahe stehen, daſs — „bei einer Neigung von 30° eine auf dem afficirten Nervenhautpunkte winkelrecht stehende Linie das gemeinsame Centrum des Auges durchschneidet, und von der wahren Linie der Richtung des Sehens nicht mehr als einen halben Grad abweicht; eine zu geringe Abweichung, als daſs das richtige Sehen eines Objects dadurch beeinträchtigt werden sollte.“ Wir wollen daher in unseren ferneren Betrachtungen folgenden von diesem eminenten Physiker ausgesprochenen Satz als wahr annehmen: — „Da das Innere des Augapfels beinahe eine vollkommene Kugel ist, so müssen alle Linien, die winkelrecht auf der Retina stehen, durch einen einzigen Punkt gehen, nämlich durch das Centrum der sphärischen Fläche der Retina. Dieser Punkt kann daher das Centrum der Richtung des Sehens genannt werden, weil jeder Punkt des Objects in der Richtung einer Linie gesehen wird, welche dieses Centrum und den gesehenen Punkt verbindet.“

Es ist klar, daſs das Resultat eines Erklärungsversuches über das Einfacherscheinen der Objecte für beide Augen, oder mit andern Worten, das Gesetz der Richtung des Sehens mit beiden Augen nichts enthalten darf, das mit dem Gesetze der Richtung des Sehens mit einem Auge nicht übereinstimmt.

Es war die Meinung des Aguilonius, daſs alle mit einem Blicke beider Augen gesehenen Objecte in der Ebene des Horopters erscheinen. Der Horopter, sagt er, ist eine durch den Kreuzungspunkt der Sehachsen gezogene und mit derjenigen parallel laufende Linie, welche die Mittelpunkte beider Augen verbindet; die Ebene des Horopters ist eine durch diese Linie gelegte ebene Fläche, welche mit der Mittellinie der Sehachsen einen rechten Winkel bildet. Alle in dieser Ebene sich befindende

Objecte müssen nach seiner Erklärung einfach erscheinen, weil die Linien der Richtung, in welcher irgend ein Punkt eines Objects gesehen wird, sich nur in dieser Ebene und nirgendwo anders kreuzen; da nun aber diese Linien nur in einem Punkte zusammentreffen können, so folgt aus dieser Hypothese von selbst, dafs alle nicht in der Ebene des Horopters befindlichen Objecte doppelt erscheinen müssen, weil der Punkt, wo sich die Richtungslinien kreuzen, in diesem Falle entweder vor oder hinter demselben liegt. Diese Meinung wurde auch von Dechales und Porterfield behauptet. Dafs sie aber unrichtig ist, davon glaube ich genug Beweise geliefert zu haben, als ich zeigte, dafs Objecte, die bei der Vereinigung der Sehachsen in irgend einem Punkte entweder vor oder hinter der Ebene des Horopters liegen, unter gewissen Verhältnissen ebensowohl einfach gesehen werden, als die in der Ebene.

Dr. Wells's „neue Theorie über die Richtung des Sehens" war eine Modification der vorhergehenden Ansicht. Dieser scharfsinnige Schriftsteller behauptet mit Aguilonius, dafs Objecte nur in der Ebene des Horopters einfach gesehen werden und folglich doppelt erscheinen, wenn sie sich vor oder hinter derselben befinden; er versuchte jedoch das Einfacherscheinen der Objecte in der Ebene des Horopters von ganz andern Grundsätzen abhängig zu machen, aus welchen er folgerte, und zwar gegen Aguilonius, dafs Objecte, die verdoppelt werden, niemals in der Ebene des Horopters erscheinen, sondern an anderen Orten, welche durch jene Grundsätze genauer bestimmt werden. Dr. Wells wurde durch eine zufällig gemachte Beobachtung, welche er sich durch keine vorhandene Ansicht über die Richtung des Sehens erklären konnte, auf seine neue Theorie hingeleitet; dafs aber dieselbe Beobachtung schon vor ihm von Dr. Smith gemacht worden war, scheint ihm unbekannt gewesen zu seyn. Ich habe sie in §. 8 ange-

geben, und finde dafs sie die einzige ist, welche über das Wahrnehmen der mit beiden Augen gesehenen Objecte in Relief vor meinen Untersuchungen über diesen Gegenstand schriftlich angegeben ist. Die Theorie des Dr. Wells scheint so wenig verstanden worden zu seyn, dafs kein nachfolgender Schriftsteller unternommen hat, sie entweder zu bestätigen oder zu widerlegen. Es würde unnöthig seyn die Grundsätze dieser Theorie hier näher zu erörtern, da sie nur eines einzigen anomalen Falles wegen gebildet wurde, und sich überhaupt mit den allgemeinen Regeln nicht verträgt, von welchen dieser Fall abhängt, wie schon gezeigt worden ist. Ungeachtet der unrichtigen Ansichten derselben, so enthält doch der Aufsatz „über Einfachsehen mit beiden Augen" viele wichtige Experimente und Bemerkungen, deren Wahrheit unabhängig von der Theorie ist, die sie erklären sollen.

Die Theorie, welche sich am weitesten verbreitet hat, ist die Annahme, dafs das Object deswegen einfach gesehen werde, weil das Bild desselben auf correspondirende Punkte der beiden Retinen fällt, d. h. auf Punkte, welche eine gleiche Stellung zu, und Entfernung von dem Mittelpunkte einer jeden einnehmen. Diese Theorie setzt voraus, dafs die auf die Retinen projicirten Bilder einander vollkommen gleich seyen, indem nämlich correspondirende Punkte der Bilder auf correspondirende Punkte der Nervenhäute fallen. Die Autoren, welche hierin übereinstimmen, sind aber in der Meinung, warum die Objecte diesem Gesetze nach an dem richtigen Orte oder einfach gesehen werden, sehr getheilt. Dr. Smith sagt, es hänge allein von der Gewohnheit ab, und er erklärt die Ursache, weshalb die Augen gegen ein Object für gewöhnlich so gerichtet sind, dafs die Bilder auf correspondirende Punkte fallen, auf folgende Weise: — „Wenn wir ein Object mit einem ruhigen Blicke betrachten, so ist es uns zur Gewohnheit geworden, die Sehachsen nach dem beabsichtigten Punkte zu richten, weil nämlich dann

die auf die Mitte der Nervenhäute fallenden Bilder hier deutlicher sind, als wenn sie auf andere Stellen fielen; und da nun die Bilder des ganzen Objects einander gleich, und beide im Verhältnisse zu den Sehachsen umgekehrt sind, so folgt daraus, daſs die Bilder der seitlichen Punkte des Objects auf correspondirende Punkte der Retinen fallen."

Nach einer langen Abhandlung über diesen Gegenstand gelangte Dr. Reid zu folgenden Schlüssen: — „daſs ein Object, welches sich auf den Mittelpunkten der Nervenhäute oder auf anderen ganz gleichmäſsig zur Mitte gelagerten Punkten abbildet, vermöge einer eigenthümlichen Eigenschaft des menschlichen Auges an seinem Orte erscheine; daſs aber selbst die wahrscheinlichsten Versuche einer Erklärung dieser Eigenschaft unzureichend seyen; und daſs sie daher entweder ein ursprüngliches Gesetz des Gesichtssinnes selbst, oder die Folge eines mehr allgemeinen Gesetzes seyn müsse, welches bis jetzt noch nicht aufgefunden sey."

Andere Anhänger dieser Theorie haben die Correspondenz oder Idendität der Nervenhautpunkte als aus der anatomischen Structur, nämlich aus einer Verbindung der Nervenfasern hervorgehend betrachtet; zu diesen gehören Galen, Dr. Briggs, Sir Isaac Newton, Rohault, Dr. Hartley, Dr. Wollaston und Prof. Müller.

Einige von den Vertheidigern dieser Theorie haben gedacht, oder sie haben vielmehr ohne zu denken zugegeben, daſs dieselbe mit dem Gesetze des Aguilonius durchaus nicht im Widerspruche stehe; allein schon eine oberflächliche Betrachtung zeigt, daſs beide nicht zusammen bestehen können, denn correspondirende Linien der Richtung des Sehens, d. h. Linien, die sich in correspondirenden Punkten beider Nervenhäute endigen, können in der Ebene des Horopters nur dann zusammentreffen, wenn die Sehaxen fast parallel laufen und die Ebene

sich in einer unendlichen Ferne vor den Augen befindet. Einige der neuern deutschen Schriftsteller [1]) haben untersucht, wie die Linie gebogen seyn müsse, in welcher die Objecte bei der Richtung der Sehachsen nach einem gegebenen Punkte einfach erscheinen. Diese Untersuchung wurde unter der Voraussetzung angestellt, daſs die Objecte nur dann einfach gesehen würden, wenn sie sich auf correspondirenden Nervenhautpunkten abbildeten. Sie haben ein sehr schönes Resultat herbeigeführt, welches hier mitzutheilen mir erlaubt seyn mag, da es bisher noch in keinem englischen Werke erwähnt worden ist.

R und *L* Fig. 26 sind die beiden Augen; *CA, C'A* die in *A* convergirenden Sehachsen; und *CABC'* ein durch den Convergenzpunkt *A* und die Mittelpunkte der Richtung des Sehens *CC'* gezogener Kreis. Die Linien, welche von irgend einem in der Peripherie dieses Kreises gelegenen Punkte aus und durch die Mittelpunkte beider Augen *CC'* gezogen werden, treffen correspondirende Nervenhautpunkte *DD'*; denn da die Winkel *ACB* und *AC'B* gleich sind, so muſs auch *DCE* mit *D'C'E'* gleich seyn. Jeder Punkt, welcher sich in der Peripherie des Kreises *C'ABC* befindet, wird daher, dem angenommenen Grundsatze der Theorie gemäſs, einfach erscheinen, es mögen die Sehachsen nach *A* oder nach irgend einem andern Punkte des Kreises gerichtet seyn.

Ich will zwei andere Eigenschaften dieses Kreises anführen: 1) der durch zwei Punkte auf der Peripherie bezeichnete Bogenabschnitt enthält gerade die doppelte Anzahl von Graden, als das Bild dieses Bogenabschnittes auf der Retina, so daſs ein Object, welches z. B. 180° des angenommenen Kreises des Einfachsehens einnimmt, sich auf einem Theile der Retina von 90° dar-

1) Tortual, die Sinne des Menschen, Münster 1827. — Bartels, Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes, Berlin 1834.

stellen würde; denn da der Winkel DCE oder $D'C'E'$ im Centrum, und der Winkel BCA oder $BC'A$ auf der Peripherie eines Kreises liegen, so folgt diese Nothwendigkeit von selbst. 2) Die Sehachsen mögen sich in einem Punkte der Peripherie treffen wo sie wollen, so bilden sie immer denselben Winkel mit einander, denn die Winkel CAC' und CBC' sind gleich.

Nach Dr. Young und andern vorzüglichen Autoren über den Gesichtssinn, ist in dem Auge das Centrum der Richtung des Sehens, oder der Punkt, wo sich die Hauptstrahlen kreuzen, zugleich auch der Mittelpunkt von der sphärischen Fläche der Retina, und der kleineren sphärischen Fläche der Cornea. In Fig. 26 stellt R und L der Einfachheit wegen nur die Hohlkugel der Retina dar, was aber für die Entwicklung des Grundsatzes schon vollkommen genügt.

Die auf Experimente gestützten und in dieser Abhandlung erläuterten Gründe, welche die Theorie des Aguilonius widerlegen, veranlassen mich auch das Gesetz der correspondirenden Nervenhautpunkte als eine nicht genaue Erklärung des Phänomens des Einfachsehens zu verwerfen. Nach jener Theorie können die Objecte nur in der Ebene des Horopters einfach erscheinen, und nach diesem Gesetze nur dann, wenn sie sich in dem Kreise des Einfachsehens befinden; beide Grundsätze stehen aber im Widerspruche mit dem Sehen der Objecte in Relief, wenn sie mit beiden Augen betrachtet werden, denn die Punkte, welche das Object bestimmen und darstellen, erscheinen einfach, obschon sie sich in verschiedenen Entfernungen vor den Augen befinden. Dafs überdiefs die Meinung, welche von allen Anhängern der Theorie über die correspondirenden Nervenhautpunkte angenommen wird, nämlich, dafs die beiden Nervenhautbilder von einem Objecte einander vollkommen gleich sind, in allen Fällen, mit Ausnahme des einzigen, wo die Sehachsen parallel sind, ganz und gar

gegen die wirkliche Thatsache ist, habe ich schon hinreichend bewiesen.

Gassendus, Porta, Tacquet und Gall behaupteten, dafs, obschon beide Augen geöffnet sind, wir doch nur mit einem sehen; ihrer Meinung nach ist das eine Auge gleichsam erschlafft und auf das Object nicht aufmerksam, während das andere sich in gespannter Thätigkeit befindet. Diese Hypothese wird schon dadurch hinreichend widerlegt, dafs wir ein Object doppelt sehen, sobald die eine Sehachse eine von der andern verschiedene Richtung annimmt, wie z. B. beim Schielen, oder wenn der eine Augapfel mit dem Finger etwas verwendet wird; würden wir wirklich nur mit einem Auge sehen, so müfste auch unter solchen Verhältnissen das Object nur einfach erscheinen. Ferner, in vielen Fällen, die ich früher angegeben und erklärt habe, erzeugt eine gleichzeitige Einwirkung auf beide Retinen eine Gesichtsvorstellung, welche von der verschieden ist, die einem nur auf ein Auge gemachten Eindrucke folgt. Diese veranlafst nämlich den Begriff von einer Darstellung auf einer ebenen Fläche; jene dagegen den von einem Objecte in Relief; das könnte nicht der Fall seyn, wenn wir nur mit einem Auge sähen.

Du Tour [1]) hielt dafür, dafs wenn wir auch bisweilen mit beiden Augen gleichzeitig sehen, die Seele doch keineswegs von zwei correspondirenden Punkten der Nervenhautbilder auf einmal afficirt werden könne. Zur Annahme dieser Meinung wurde er durch den in §. 14 angeführten Gegenstand veranlafst. Sie durch Experimente zu widerlegen möchte schwer seyn, und alles, was die Experimente zum Vortheile dieser Meinung überhaupt darbieten, und was andere über das Verschwinden der Objecte in für ein Auge angestellten Versuchen in der That beweisen, besteht nur darin, dafs sich die Aufmerksamkeit von dem Eindrucke der einen Retina weg-

1) *Act. Par.* 1743. *M. p.* 334.

wendet, wenn die Empfindungen beider Nervenhäute leicht zu einer solchen Vorstellung verbunden werden können, die dem Begriffe von irgend einem Gegenstande der Aufsenwelt entspricht; sie bieten aber durchaus keinen Grund zu der Vermuthung dar, dafs die Seele den auf *beide* Nervenhäute gleichzeitig gemachten Eindrücken ihre Aufmerksamkeit nicht zuwenden könne, wenn sie beide übereinstimmen, eine und dieselbe Vorstellung zu erwecken.

Eine sehr originelle Idee hat neulich M. Lehot [1]) vorgebracht, indem er nämlich zu beweisen sucht, dafs sich Nervenhautbilder u. s. w. nach drei Dimensionen in den Glaskörpern darstellten, welche wir mittelst Nervenfasern wahrnähmen, die sich von den Retinen in die Glaskörper erstreckten. Diese Theorie würde zwar das Einfacherscheinen der mit beiden Augen in Relief gesehenen Objecte erklären, jedoch ganz unerklärt lassen, warum wir ein Object in Relief wahrnehmen, wenn zwei Zeichnungen eines Objectes beiden Augen dargeboten werden; eben so wenig könnten wir nach dieser Theorie einen Unterschied in dem Reliefe der Objecte erkennen, wenn sie nur mit einem oder mit beiden Augen gesehen würden, was doch der wirklichen Thatsache ganz entgegen ist. Ueberdiefs sind die Beweise für das Wahrnehmen der äufsern Gegenstände mittelst der Nervenhautbilder zu zahlreich und zu überführend, als dafs man sich auf eine andere und entgegengesetzte Vermuthung auch nur einen Augenblick einlassen könnte. Es wird daher genug seyn zwei andere Theorien nur noch zu erwähnen, welche den Sitz des Sehens in den Glaskörper setzen. Vallee [2]) ohne die Existenz der Bilder auf den Retinen zu läugnen, hat sich dafür erklärt, dafs wir das Relief eines Objects mittelst eines vorn an der Hyaloidea gelegenen Focus se-

1) *Nouvelle Théorie de la Vision*, *Par.* 1823.

2) *Traité de la Science du Dessein*, *Par.* 1821, *p.* 270.

hen. Raspail[1]) hat in einer ziemlich langen Abhandlung die sonderbare Hypothese an den Tag gebracht, daſs sich das Bild des Objectes weder in dem Glaskörper noch auf der Retina darstelle, sondern schon im Focus des Linsensystemes, aus dem das Auge besteht, wahrgenommen werde.

§. 16.

Es bleibt nun noch zu untersuchen übrig, warum zwei ungleiche Nervenhautbilder der beiden Augen zu der Vorstellung von einem Objecte in Relief Veranlassung geben. Gegenwärtig wage ich noch nicht diese Frage vollkommen zu lösen, da dieſs durchaus nicht so leicht, als es vielleicht auf dem ersten Blick scheinen mag, und übrigens ein höchst complicirter Gegenstand ist. Ich werde hier nur die am meisten auffallenden und vielleicht möglichen Erklärungsweisen anführen und zeigen, daſs diese nicht ausreichen, das Ganze des Phänomens darzuthun.

Es kann angenommen werden, daſs wir in einem Momente einen Punkt des Sehfeldes genau und scharf sehen, den Punkt nämlich, auf welchen die Sehachsen gerichtet sind, während alle anderen undeutlich gesehen werden; daſs die Seele nicht wahrnimmt, ob diese Punkte einfach oder doppelt sind, und daher das Ganze des Objects nur dadurch wahrgenommen wird, daſs der Kreuzungspunkt der Sehachsen auf eine hinreichende Menge Punkte des Objects gerichtet wird, um uns in den Stand zu setzen, ein richtiges Urtheil über die Gestalt desselben zu fällen.

Daſs die von den Augen nicht fixirten Punkte des Sehfeldes in einem gewissen Grade undeutlich sind, und daſs diese Undeutlichkeit mit der Entfernung von dem fixirten Punkte zunimmt, kann wohl nicht bezweifelt werden, und es ist ebenfalls wahr, daſs die auf diese Weise

1) *Nouveau Système de Chimie organique*, t. 2. p. 329.

undeutlich gesehenen Objecte oft doppelt erscheinen. Bei dem gewöhnlichen Sehen ist anzunehmen, dafs diese Undeutlichkeit nicht in Anschlag komme, weil die Augen von Punkt zu Punkt schweifend, somit jeden Punkt des Objects genau und scharf ansehen; und dafs die Vorstellung von einem Objecte nicht die Folge eines einzigen Blickes ist, da dieser nur einen kleinen Theil desselben genau übersieht, sondern vielmehr nur durch einen Vergleich aller Bilder des Objectes zu Stande kommt, die sich beim Uebergange der Augen von Punkt zu Punkt der Reihe nach an den Nervenhäuten darstellen.

Alles diefs ist zwar in einem gewissen Grade wahr, allein wäre es vollkommen wahr, so dürfte die Erscheinung des Reliefs nicht stattfinden, wenn die Augen einen einzigen Punkt der beiden Reflexe im Stereoskope anhaltend und scharf fixiren. Wird das Experiment sorgfältig angestellt, so findet man, dafs selbst in diesem Falle der Reflex einfach und in Relief gesehen wird, vorausgesetzt, dafs die Nervenhautbilder sich nicht zu weit über die Mittelpunkte der Retinen hinaus erstrecken. Wäre die Lehre von den correspondirenden Nervenhautpunkten wahr, müfste die Erscheinung die eines Uebereinanderliegens beider reflectirten Bilder seyn, womit sie aber nicht die geringste Aehnlichkeit hat. Die folgenden Experimente zeugen gleichfalls ganz entscheidend gegen diese Lehre.

Man ziehe zwei Linien auf ein Blatt Papier, ungefähr zwei Zoll lang und etwas geneigt gegen einander, wie in Fig. 10. Nachdem nun das Zusammenfallen oder Sichdecken derselben dadurch bewirkt worden ist, dafs sich die Sehachsen in einem nähern Punkte als das Papier kreuzen, so fixire man das untere Ende der resultirenden Linie mit einem festen und scharfen Blicke. Die ganze Linie wird einfach und in dem gehörigen Relief erscheinen, und eine Stecknadel oder ein Stück Draht kann ohne die geringste Schwierigkeit in die genaue

Richtung der Linie gebracht werden; oder, wenn bei fortdauernder Fixation des untern oder nähern Endes der Linie die Spitze einer Nadel an die Stelle, wo sich das obere oder entferntere Ende der Linie befindet, oder an irgend einen mittleren Punkt derselben gebracht wird, so läſst sich selbst der Kreuzungspunkt der Sehachsen nach dem von der Nadelspitze angedeuteten Punkte bewegen, ohne daſs die Coincidenz der beiden Bilder auch nur im Geringsten gestört wird. Die Augen werden hierbei manchmal ermüdet, und dann erscheint der nicht fixirte Theil der Linie doppelt, so wie auch in diesem Falle die Erscheinung des Reliefs ganz schwindet. Dasselbe Experiment läſst sich auch mit mehr zusammengesetzten Figuren anstellen, jedoch dürfen die Bilder nicht zu weit über die Mitte der Retinen hinausgehen.

Einen andern und sehr schönen Beweis für die Erscheinung des Reliefs beim Sehen mit beiden Augen als einen von der Bewegung der Augen unabhängigen Effect kann man dadurch erhalten, daſs Spectra von complicirten Figuren auf den Nervenhäuten hervorgebracht werden. Für diesen Zweck müssen die Figuren in dicken farbigen Linien und auf einen Grund von der complementären Farbe gezeichnet werden, z. B. rothe Linien auf grünem Grunde. Es werden nun diese Zeichnungen, die aber stark beleuchtet seyn müssen, entweder im Stereoskope oder in dem Apparate Fig. 6 auf die gewöhnliche Art beleuchtet, wobei man sich jedoch bemühen muſs, nur einen einzigen Punkt der Figur zu fixiren. Nachdem sie nun lange genug fixirt worden, um den nöthigen Eindruck auf die Retinen dadurch zu bewirken, so bedecke man die Augen sorgfältig, um alles äuſsere Licht vollkommen abzuhalten, und es wird nun vor den geschlossenen Augen das Spectrum eines Objects in Relief erscheinen. Es ist bekannt, daſs ein nur in einem Auge hervorgebrachtes Spectrum im Dunkeln oft abwechselnd erscheint und wieder verschwindet; werden nun

Spectra in beiden Augen erzeugt, so entsprechen sie sich nicht genau in diesem Wechsel, wodurch denn ein höchst sonderbarer Effect entsteht, bald nämlich wird nur das Spectrum des rechten und bald nur das des linken Auges gesehen, und in dem Momente, wo sie beide zugleich wahrgenommen werden, erscheint das Spectrum beider Augen im deutlichen Relief. Da in diesem Falle die Spectralbilder ihren Platz auf den Nervenhäuten nicht verändern können, wie sehr auch die Augen bewegt werden mögen, so können die Sehachsen während des Experimentes nur immer einem einzigen Punkte eines jeden Bildes entsprechen.

Wenn daher ein Object oder ein Theil desselben, während die Sehachsen beider Augen nach einem einzigen Punkte gerichtet sind, in Relief erscheint, so ist es leicht einzusehen, dafs nur ein Punkt des Objectes, welches einfach erscheint, in dem Kreuzungspunkte der beiden Linien der Richtung des Sehens, in welcher es jedes Auge allein sieht, wahrgenommen wird, es mögen nun diese Richtungslinien des Sehens in correspondirenden Punkten der beiden Nervenhäute endigen oder nicht.

Wollten wir dagegen annehmen, dafs mit einem Blicke alle Punkte eines Objects in Relief an dem Kreuzungspunkte der beiden Linien der Richtung des Sehens, in welcher es jedes Auge allein sieht, wahrgenommen würden, so wäre diefs ein Irrthum. Nach dieser Annahme dürften Objecte, die vor oder hinter den Kreuzungspunkten der Sehachsen liegen, niemals doppelt erscheinen, dafs diefs aber der Fall ist, davon giebt es hinreichend viel Beweise. Die Bestimmung des Punctes, welcher einfach erscheinen soll, scheint in nicht geringem Grade von der Kenntnifs abzuhangen, die wir von der Form des zu betrachtenden Gegenstandes schon vorher besafsen. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs gewisse Regeln oder Gesetze des Sehens aufgefunden werden können, welche alle Verhältnisse umfassen, unter welchen das Einfachsehen mittelst nicht-correspondiren-

der Nervenhautpunkte vorkommt, und durch welche dasselbe bestimmt wird. Diesen Zweck zu erreichen, habe ich zahlreiche Experimente gemacht und dadurch einige Bedingungen aufgefunden, von welchen das Einfach- und das Doppelsehen abhängt, deren Betrachtung ich mir jedoch für die nächste Abhandlung vorbehalten mufs.

Was bisher gesagt worden ist, wird auf jedem Fall schon hinreichen zu beweisen, dafs die Gesetze der Richtung des Sehens mit beiden Augen, die man bis auf den heutigen Tag aufgestellt hat, zu beschränkt sind, um wahr zu seyn. Das Gesetz dés Aguilonius ,sagt, das Objecte nur in der Ebene des Horopters einfach gesehen werden; und jenes über die correspondirenden Nervenhautpunkte, welches, bis auf das Aeufserste verfolgt, nothwendiger Weise zu einem Resultate führte, das die ersten Vertheidiger desselben nicht vorausgesehen hatten, indem mehrere von ihnen glaubten, dafs dieses Gesetz mit dem des Aguilonius übereinstimme, giebt zu dem Schlusse Veranlassung, dafs kein Object einfach erscheinen könne, aufser es werde in einem Kreise gesehen, welcher durch die Mittelpunkte der Richtung des Sehens in beiden Augen und dem Convergenzpunkt der Sehachsen gezogen wird.. Beide Gesetze stehen im Widerspruche mit dem Einfachsehen der Objecte, deren Punkte weder in der Ebene der einen Lehre, noch in dem Kreise der andern liegen; und dafs Objecte unter Verhältnissen, die durch diese Gesetze nicht erklärt werden können, doch einfach erscheinen, ist wie ich glaube, durch die angegebenen Experimente aufser allen Zweifel gesetzt worden. Sollte in Zukunft noch bewiesen werden, dafs alle Punkte in der erwähnten Ebene oder dem Kreise einfach erscheinen, eine Beweisführung, die wegen der grofsen Undeutlichkeit der seitlichen Bilder nicht so leicht seyn wird, so mufs dieses Gesetz durch den Satz abgeändert werden, dafs Punkte, welche aufserhalb der Ebene oder des Kreises liegen, nicht immer doppelt erscheinen.

II. *Die Farben der Atmosphäre, betrachtet mit Bezug auf einen früheren Aufsatz: „Ueber die Farben des Wasserdampfs unter gewissen Umständen“* [1]*; von J. D. Forbes.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh. Vol. XIV.*)

Der gegenwärtige Aufsatz beabsichtigt den Wink, welchen ich in einer am 21. Jan. d. J. mitgetheilten Notiz über die merkwürdige rothe Farbe des sich verdichtenden Dampfs, zur Erklärung gewisser atmosphärischer Farben gegeben habe, vollständiger zu erläutern. Seit der Zeit habe ich die hauptsächlichsten Schriftsteller, die von den Farben des Himmels überhaupt, und von der Abendröthe insbesondere handeln, mit Sorgfalt nachgelesen, und da ich hiebei Vieles zur Bestätigung, und Weniges zur Abänderung der von mir bereits über den Gegenstand gefafsten Ansicht gefunden habe, so hoffe ich, dafs der vorliegende Aufsatz einen passenden Zusatz zu meiner früheren experimentellen Notiz abgeben werde. Ich erinnere, in dieser die sonderbare Thatsache beschrieben zu haben, dafs der Dampf nicht auf einmal aus dem Zustande der Unsichtbarkeit in den eines weifsen Nebels, wie er z. B. aus der Dille eines Theekessels hervordringt, übergeht, sondern dafs er einen intermediären Zustand durchläuft, in welchem er farbig ist, sogar sehr stark, so dafs er dem durchgehenden Licht eine Farbe vom Lohgelb (*tawny yellow*) bis zum intensiven Rauchroth (*smoke-red*) ertheilt. Ich bemerkte überdiefs, dafs, da diese Erscheinung keinen Dampf von hoher Spannung zu ihrer Erzeugung erfordere, die Farben beim Sonnenuntergang und beim künstlichen, durch Nebel gesehenem Licht sehr

1) S. Ann. Bd. 47. S. 593.

wahrscheinlich aus der absorbirenden Wirkung des Wasserdampfs in eben dem Zustand entspringen möchten.

Eberhard, ein Schriftsteller vor mehr als sechszig Jahren, sagt, die Masse der von den Physikern über die Farben des Himmels ausgesprochenen Meinungen erschrecke ihn, wenn er an ihre Auseinandersetzung denke; da nun diese sich seit der Zeit vielleicht verdoppelt hat, so kann man sich eine Idee machen von der Arbeit, die zur Sammlung und Klassificirung der hierüber in Lehrbüchern, akademischen Schriften und periodischen Werken zerstreuten Notizen erforderlich ist. Die zahlreichsten Angaben habe ich bei deutschen Schriftstellern gefunden, doch war ich fast allemal im Stande, dieselben durch Nachschlagen der Originale zu verificiren. Dadurch reducirte sich die Sache auf einige wenige Autoren, die einem Gegenstande, der, bis neuerlich, mehr einer der Meinung als der Wissenschaft war, etwas von Bedeutung hinzugefügt, und auf noch wenigere, die durch eigene Beobachtungen oder Versuche ein Scherflein zu den Datis für das Raisonnement beigetragen haben. Die Masse der Nachbeter will ich mit Stillschweigen übergehen oder nur kurz berühren, und so hoffe ich die Resultate einer bedeutend mühsamen Untersuchung auf ein mäſsiges Volum zurückführen zu können.

Es ist fast unmöglich, eine haltbare Theorie über die Farben der Dämmerung [1]), des Sonnenuntergangs und der Wolken überhaupt auszusprechen, ohne die Thatsache der blauen Farbe des Himmels mit einzuschlieſsen. Die erste Notiz zur Erklärung derselben finde ich bei Leonardo da Vinci [2]), welcher sie der Vermischung des von der Substanz der Atmosphäre reflektirten weiſsen Sonnenlichts mit der intensiven Dunkelheit der dahinter liegenden Himmelsräume zuschrieb. Diese Lehre wurde auch von Fromond vertheidigt, und später von De la

1) Morgendämmerung (*Dawn*).

2) *Traité de la peinture*, erwähnt in Gehler's *Wörterbuch* Art. *Atmosphäre*.

Hire, Funk, Wolf und Musschenbroek, nachdem die Newton'sche Farbentheorie dergleichen Schlüsse längst aus der Wissenschaft hätte verbannen sollen. Noch später ward sie, zur Schande der neueren Physik, unter den chromatischen Grillen von Göthe wieder ins Leben gerufen [1]). Otto von Guericke hatte nahe dieselben Ansichten.

Die erste Spur einer vernünftigeren Lehre finde ich aus Honoratius Fabri's Schriften angeführt [2]), wahrscheinlich aus seinen *Essais optiques*, welche schon 1667 zu Lyon erschienen und deshalb unabhängig von Newton's Beobachtungen seyn mufsten [3]). Im Gegensatz zu Fromond's Lehren schreibt Fabri die Farbe des Himmels dem Lichte zu, das von in der Atmosphäre schwebenden Körpertheilchen reflektirt werde; und Mariotte scheint um dieselbe Zeit behauptet zu haben, die Farbe der Luft sey blau [4]).

Newton hat seine Ansichten über diesen Gegenstand mit seiner gewohnten Bescheidenheit, eher als Vermuthungen, denn als Behauptungen aufgestellt; und da viele Schriftsteller des letzten Jahrhunderts nur seine Ideen mit geringen Veränderungen wiederholt haben, so ist es wichtig genau zu wissen, wie er selbst sie angiebt. Newton's Ansicht über die natürlichen Farben der Körper, wie wir auch über die allgemeine Anwend-

1) Farbenlehre I, 59, angeführt von Humboldt.

2) Eberhard in Rozier I, 620.

3) Fabri's Dialoge (1669), von denen ich ein Exemplar in der „*Advocates' Library*" gefunden habe, enthalten manche Anspielungen auf die unvollkommene Durchsichtigkeit der Luft und der derselben beigemengten fremdartigen Theilchen; allein ich finde seine Theorie der Himmelsbläue nicht klar darin angegeben.

4) „*On peut croire qu'il y a des couleurs primitives dans quelques corps, comme du bleu dans l'air ..... Il semble qu'il y ait du verd dans l'eau.*" — Mariotte, *Oeuvres I,* 299. *Leide* 1717.

barkeit derselben denken mögen, war äufserst sinnreich und wohl durchdacht. Er hatte, im Verfolge seiner merkwürdigen Untersuchung über die Farben dünner Platten, entdeckt, dafs jeder durchsichtige Körper, bei einer gewissen Dicke, Farben zu reflektiren anfängt; dafs diese Farben sich bei Verringerung der Dicke nach einem bestimmten Gesetze verändern, und dabei eine Mannigfaltigkeit zusammengesetzter Nüancen durchlaufen, bis zuletzt die Körper so dünn geworden, dafs sie (wie bei der Seifenblase) unfähig sind, irgend eine Farbe zu reflektiren; die letzten an ihnen reflektirten Farben sind Orange, Gelbweifs und endlich Blau, ehe sie verschwinden; diese werden Farben erster Ordnung genannt. Nun sagt Newton: „das Blau erster Ordnung, obwohl sehr schwach und gering, könne möglicherweise die Farbe einiger Körper seyn, und insbesondere scheine die Bläue des Himmels zu dieser Ordnung zu gehören. Denn alle Dämpfe, wenn sie anfangen sich zu verdichten und zu kleinen Theilchen zusammen zu häufen, kommen erst, bevor sie Wolken von anderer Farbe bilden können, zu jener Dickheit (*bigness*), bei der ein Azur reflektirt werden mufs. Und wenn diefs die erste Farbe sey, welche Dämpfe zu reflektiren beginnen, so müsse sie die Farbe des reinsten und durchsichtigsten Himmels seyn, in welchem die Dämpfe noch nicht zu jener Dickheit gelangt seyen, welche, wie wir durch Versuche finden, zur Reflexion anderer Farben erforderlich ist“ [1]). In einem andern Satze sagt er: „Wenn wir die verschiedenen Erscheinungen der Atmosphäre betrachten, so können wir bemerken, dafs die Dämpfe bei ihrer ersten Aufsteigung nicht die Durchsichtigkeit der Luft verringern, indem sie in zu kleine Theile zertheilt sind, um irgend eine Reflexion an ihren Oberflächen zu veranlassen. Wenn sie aber, um Regentropfen zu bilden, anfangen zusammenzufliefsen und Kügelchen von allen intermediären Gröfsen darzustellen,

1) *Optics, Book II. Part. III. Prop. VII.*

so können diese Kügelchen, wenn sie grofs genug geworden, um gewisse Farben zu reflektiren und andere durchzulassen, je nach ihrer Gröfse, Wolken von verschiedener Farbe bilden; und ich sehe nicht ein, wodurch in einer so durchsichtigen Substanz als Wasser, die Entstehung dieser Farben anders als durch die verschiedentliche Gröfse seiner flüssigen und kugelförmigen Theilchen *rationell* begriffen werden könne" [1]).

Die Newton'sche Theorie umfafst demnach sowohl die Farbe der Wolken, mag sie vom zurückgeworfenen oder durchgelassenen Lichte herrühren, als auch die Himmelsbläue. Eine Abänderung derselben Theorie wendet er auch auf die Erklärung der Höfe um Sonne und Mond an [2]). Die Luft scheint er für farblos, und die reflektirenden Theilchen als aus ihr fremdartigem Dampf bestehend angesehen zu haben.

Mariotte's Idee von der Eigenthümlichkeit des Himmels, blaues Licht zu reflektiren, wurde zunächst am stärksten von Bouguer vertheidigt, der sie in eine so fafsliche Form brachte, dafs sie seitdem meistens als eine vollständige Erklärung der Farben der Luft angeführt wurde [3]). Er bemerkt, dafs da rothes Licht weiter eindringe als blaues (weshalb ist nicht gesagt), so werde das letztere vollständig reflektirt, während das erstere zum Auge gelange; und diese Theorie wurde durch spätere Schriftsteller noch dahin verbessert, dafs sie den rothen Strahlen ein gröfseres, und den brechbareren Strahlen ein geringeres Moment zuschrieben. Smith, der Verfasser des *System of Optics*, giebt dieselbe Ansicht, doch mit gröfserer Klarheit. „Die blaue Farbe des heiteren Himmels," sagt er, „zeigt deutlich, dafs die bläuenden Strahlen reichlicher von *reiner Luft* reflektirt werden,

1) *Ibid. Prop. V.* Am Ende.

2) *Optics*, *Book II. Part. IV. Obs.* 13,

3) *Traité d'Optique p.* 365—368. Ebenso erklärt er die von Buffon angeführten farbigen Schatten.

als die von andern Farben; folglich werden sie unter den übrigen, die von der Sonne kommen, weniger reichlich durchgelassen, und um so weniger als die Luftstrecke, welche sie durchlaufen, länger ist. Daher ist die gewöhnliche Farbe von Sonne und Mond am weifsesten im Meridian, und sie geht allmälig um so mehr in schwaches Gelb, in Orange und Roth über, als diese Himmelskörper tiefer herabsinken, d. h. als die Strahlen eine längere Luftstrecke durchwandern" [1]); und so erklärt er auch die Farbe des Monds bei Finsternissen durch das von der Erd-Atmosphäre reflektirte und veränderte Licht.

Nächstdem verfocht Euler (1762) dieselbe Meinung in Bezug auf die Himmelsbläue. „Es ist wahrscheinlicher," sagt er, „dafs alle Lufttheilchen schwach ins Bläuliche spielen, wiewohl so aufserordentlich schwach, dafs es nur wahrnehmbar wird, wenn sie sich in ungeheurer Masse, wie bei der ganzen Ausdehnung der Atmosphäre, darbieten, als dafs diese Farbe den in der Luft schwebenden und nicht zu ihr gehörenden Dämpfen zugeschrieben werden müfste. In der That, je reiner und von Dünsten freier die Luft ist, desto stärker ist der Glanz der Himmelsbläue, was ein genügender Beweis ist, dafs wir die Ursache derselben in der *Beschaffenheit der Lufttheilchen* selbst zu suchen haben" [2]).

Der Abt Nollet (1764) schreibt die blaue Farbe des Himmels seiner Reflexion so gefärbter Strahlen zu, allein, sonderbar genug, setzt er voraus, dafs sie, um diese Farbe ins Auge bringen zu können, erst zu der Erde kommen, von dieser reflektirt werden, und dann bei ihrem zweiten Durchgang durch die Lüfte aufgefangen werden müssten. Die Farbe der Sonne in einem Nebel leitet er von der Auffangung der blauen Strahlen, durch diesen Nebel ab, und er sagt die Atmosphäre

1) Smith's *Optics Vol. II. Remarks* 378.

2) Euler's Briefe (Englische Uebersetzung) II, 507.

müsse dabei einem Beobachter in dem Mond äufserlich blau erscheinen [1]).

Ein sehr geschickter, aber wenig bekannter Schriftsteller, Thomas Melvill, der 1753 im 27sten Jahre starb, hat in einem, im zweiten Bande der *Edinburgh Physical and Literary Essays* [2]) abgedruckten Aufsatz einige interessante, ganz hieher gehörige Beobachtungen hinterlassen. Unter andern scharfsinnigen Bemerkungen über optische Gegenstände macht er, nach Billigung der Newton'schen Theorie von der Himmelsbläue, gegen dessen Erklärung von den Farben des Sonnenuntergangs mit Recht den Einwand: „Warum die Theile der Wolken nur gerade zu jener Zeit, und niemals zu einer andern von solcher Gröfse seyen, dafs sie diese Farben absondern, und warum sie selten, wenn je, von blauer oder grüner Farbe gesehen würden, so gut wie von rother, orangerother und gelber Farbe. Da die Atmosphäre eine gröfsere Menge von den blauen und violetten Strahlen, als von den übrigen reflektirt, so mufs," setzt er hinzu, „das durch dieselbe gehende Sonnenlicht sich ins Orangegelbe und Rothe ziehen, besonders wenn dieses die gröfste Luftstrecke durchläuft; demgemäfs wird Jeder bemerkt haben müssen, dafs das horizontale Licht der Sonne zuweilen so tief gefärbt ist, dafs Gegenstände bei directer Erleuchtung durch dasselbe hoch orange oder selbst roth erscheinen; ist es ein Wunder, dafs in diesem Augenblick die farblosen Wolken dieselben Strahlen in hellerer und lebhafterer Weise reflektiren." Er erläutert diefs weiter und sagt dann: — „Ist es nicht eine grofse Bestätigung dieser Erklärung, dafs diese farbigen Wolken jenes dunkle bleifarbene Ansehen, welches sie vom Himmel erhalten, sogleich wieder annehmen, so wie die directen Sonnenstrahlen nicht mehr auf sie fallen? Denn wenn ihre prächtigen Farben, *gleich denen der*

1) Nollet *Leçons de physique VI, p.* 17. (1765.)

2) *Edinb.* 1770 *p.* 81—89.

Seifenblase, von der besonderen Gröfse (*size*) ihrer Theilchen abhingen, so würden sie nahezu dieselben Farben behalten, wiewohl in viel geringerem Grade, wenn sie allein durch die Atmosphäre erleuchtet werden. Um die Zeit des Sonnenuntergangs oder etwas später scheint der untere Theil des Himmels bis in einigem Abstand zu beiden Seiten des untergehenden Gestirns in ein schwaches Meergrün zu neigen, vermöge einer Mischung der durchgelassenen Strahlen, die dann gelb sind, mit den blauen ätherischen; in gröfseren Abständen geht diefs schwache Grün allmälig in ein röthliches Braun über, weil die Sonnenstrahlen, durch eine gröfsere Strecke Luft gehend, anfangen sich ins Orange zu neigen; und an der gegenüberliegenden Seite der Halbkugel neigt die Farbe des Himmels am Horizont merklich ins Purpurfarbene, weil das von demselben durchgelassene Licht, welches sich mit dem Azur mischt, durch eine noch gröfsere Strecke Luft gegangen und dadurch röthlich geworden ist."

Ich habe diese Stelle angeführt, weil sie, so weit sie geht, mit merkwürdiger Eleganz die wirklich beobachteten Erscheinungen erklärt, und die Unzulänglichkeit der Theorie von irisirenden Farben zur Erklärung der Tinten des Sonnenuntergangs nachweist. Die Theorie, dafs die Wolken aus Bläschendampf oder schwebenden Wasserbläschen bestehen, war schon lange vor jenen Zeiten herrschend. Leibnitz unterhielt sie im 17ten Jahrhundert und berechnete die Lockerheit des ätherischen Fluidum, mit welchem er diese Bläschen gefüllt annahm [1]). Kratzenstein (1740) unternahm durch angestellte Versuche über die von den Bläschen reflektirten Farben, die Dicke und den Durchmesser derselben durch direkte Messun-

1) *Opera omnia II, p. II, 82. Edit.* 1768. „*Cur vapores eleventur non spernenda quaestio est, atque inter alia non male concipiuntur in illis bullae insensibiles ex pellicula aquae et aëre incluso constantes, quales sensus in liquoribus spumescentibus ostendit.*"

gen zu bestimmen [1]). Saussure bewies das Daseyn scheinbar so beschaffener Bläschen in den Wolken selbst, allein ich finde nirgends, daſs er versucht hätte, dadurch die Farben der Wolken nach dem von Melvill in jener Stelle mit Recht verworfenen Prinzip zu erklären. Saussure's Meinung über die blaue Farbe des Himmels war, so weit ich urtheilen kan, die von Mariotte und Bouguer [2]), wiewohl er sehr umständlich von bläulichen Dämpfen spricht, die als fremde Stoffe in den oberen Regionen des Himmels schweben und, wie er sagt, entschieden nicht wässerig seyen, da sie nicht auf das Hygrometer wirkten [3]). Er glaubt, dieſs möge das dunkle Phänomen der trocknen Nebel erklären [4]),

Die Abhandlung von Eberhard zu Berlin über diesen Gegenstand enthält nichts, um dabei zu verweilen. Er scheint der Theorie von Mariotte beizupflichten, und giebt sich viel Mühe die von Da Vinci zu widerlegen [5]).

Delaval's weitläuftige Theorie von den Farben der Körper können wir auch schnell beseitigen. Er bekennt sich zu der Ansicht Fabri's, daſs fremde, in der Luft schwebende Theilchen Ursache der Reflexion des blauen, und der Durchlassung des rothen Lichtes sind, nach demselben Prinzip wie in Glas vertheilter Arsenik wirkt. Dieser Vergleich mit den bekannten Erscheinungen der Opalescenz ist nicht unwichtig [6]).

Die Mehrzahl der optischen Schriftsteller des gegen-

1) *Theorie de l'Elevation des Vapeurs et des Exhalaisons etc. Bordeaux* 1740. Angeführt in Saussure's Hygrometrie §. 202 und in Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie III, 48. Er setzt den Durchmesser auf $\frac{1}{5000}$ und die Dicke auf $\frac{1}{50000}$ Zoll.

2) *Voyages dans les Alpes IV*, §. 2083.

3) Hygrometrie §. 355.

4) Hygrometrie §. 372.

5) Rozier, *Introduction I*, *p*. 618.

6) *Manchester Memoirs*, *Ser. I*, *Vol. II*, *p*, 214 *etc.*

wärtigen Jahrhunderts sind diesem oder jenem der bereits angeführten genau gefolgt. Der Verfasser des Artikels *Optics* in der vierten Ausgabe der *Encyclopaedia Britannica*, welche von Prof. Robison revidirt wurde, giebt als eine neue Meinung die von Bouguer und Melvill mit sehr geringer Abänderung oder Erweiterung. Er betrachtet das (wie ich glaube aus Newton's Refractionstheorie entlehnte) gröfsere Moment der rothen Strahlen als Erklärung von deren leichterer Durchlafsbarkeit und von der Reflexion des Blau, schreibt die Farben des Sonnenuntergangs der ersteren, und die der reinen Atmosphäre der letzteren zu. Richtiger würde es jedoch gewesen seyn, einfach anzunehmen, dafs die Atmosphäre im reflektirten Licht blau, und im durchgelassenen roth sey, da wir bei verschiedenen farbigen Mitteln sehen, dafs der vermeintliche Vorzug der rothen Strahlen sich nicht bewährt, indem sie von einem grünen oder blauen Glase absorbirt werden, während die übrigen Strahlen unangetastet bleiben.

Humboldt giebt über die Farben der Atmosphäre oder des Wassers keine positive Meinung [1]).

Es ist sonderbar, dafs ich in Thomas Young's verschiedenen Werken keine bestimmte Angabe hinsichtlich seiner Meinung über diesen Gegenstand habe auffinden können, wiewohl er wahrscheinlich im Allgemeinen mit der zuletzt angegebenen Ansicht übereinstimmte [2]). Er scheint sich hauptsächlich auf Newton's Theorie von den Farben der Körper gestützt zu haben, obgleich er für deren Schwierigkeiten nicht unempfindlich war.

John Leslie nimmt unumwunden die Theorie von der Reflexion des blauen und der Durchlassung des rothen Lichts durch die Luft als eine vollständige und passende Erklärung der Himmelsbläue und auch der gelben,

1) *Relation historique* 8vo. *II*, *p*. 116.

2) *Nat. Phil. II*, *p*. 321. Vergl. S. 637, 638, 646 mit Newton's Theorie der Farben der Körper.

orangen, rothen und karmoisinrothen Farben, welche das Licht der nahe am Horizont stehenden Sonne charakterisiren [1]). Die wichtige Beobachtung Sir D. Brewster's [2]), daſs das blaue Licht des Himmels polarisirt ist und deshalb eine Reflexion erlitten haben muſs, ist in diesem Punkt entscheidend, wiewohl die Ursache der Lage der Polarisationsebene in verschiedenen Regionen des Himmels sich nicht leicht erklären läſst [3]).

Sir John Herschel betrachtet, in Uebereinstimmung mit Newton, die Farbe des Himmels als das Blau erster Ordnung und als eine der befriedigendsten Anwendungen der Newton'schen Theorie [4]).

Der Schriftsteller aber, welcher, von allen mir vorgekommenen, Bouguer's Theorie von der Farbe des Himmels mit gröſster Ausführlichkeit und Geschicklichkeit vorträgt, ist Brandes in dem Artikel *Abendröthe* in Gehler's Physikalischem Wörterbuch [5]). Er behauptet, die Farbe der Sonne und der umgebenden Wolken, beim Auf- und Untergang, rühre *lediglich* von der Farbe der reinen Luft her, — eine Lehre, die er durch manche schlagende Gründe unterstützt. Die Anwesenheit von Dämpfen, bemerkt er, werde immer durch ein der Himmelsbläue beigemischtes mattes Weiſs angezeigt, und die complementäre Farbe dieses Weiſses, welche den durchgelassenen Strahlen zukommen müſste, könne niemals roth seyn. Im Gegentheil, sagt er, habe die Sonne, wenn sie, im Meridian, direct durch Wolken gesehen werde,

1) *Encyclopaedia Britannica*, Art. *Meteorology*. Dieselbe Theorie ist in dem eben erschienenen Artikel *Physical Geography* von Dr. Traill aufrecht erhalten.

2) *On New Philosophical Instruments p* 149.

3) Peclet, *Traité de Physique* II, S. 307. Brüsseler Ausgabe; Herschel *on Light*. Art. 858 und Quetelet's Supplement zu der französischen Uebersetzung.

4) *Essay on Light art.* 1143.

5) Bd. I. S. 4 etc. (1825.)

immer eine weifse Farbe, und selbst ein Nebel, der so stark sey, dafs man sie mit blofsen Augen leicht betrachten könne, gebe ihr nur das Ansehen einer Silberplatte [1]). Die Schönheit des Sonnenuntergangs, bemerkt er ferner, stehe genau im Verhältnifs zur Reinheit der Himmelsbläue am Tage, und der einzige Grund, warum die Sonne hinter Dämpfen roth unterzugehen scheine, sey der, weil ihr Licht durch diese so geschwächt ist, dafs die Farbe deutlicher wahrgenommen werden könne. Die Farbe hochgehender Wolken, in einiger Entfernung vom Horizont, schreibt er (wie es Melvill gethan) der grofsen Luftstrecke zu, welche das Licht durchwandern mufs, ehe es dieselben erreicht, und demnächst, ehe es ins Auge gelangt. Die grünen Farben des Himmels leitet er, gleich Leslie und vielen andern Schriftstellern, von der Vermischung des reflektirten Blau mit dem durchgelassenen Orange ab. Niemals ward diese Theorie so geschickt behandelt.

Eine von allen früheren gänzlich abweichende Hypothese von der Himmelsbläue ward um dieselbe Zeit von Muncke aufgestellt. Er behauptet, diese Farbe sey, was die deutschen Schriftsteller rein *subjectiv* nennen, d. h. eine optische Täuschung, welcher das Auge beim Schauen in den leeren Himmelsraum unterliege [2]). Diese Theorie ist von Brandes wohl discutirt worden; allein ich glaube, es ist ihm nicht gelungen Muncke's Fundamental-Experiment zu erklären. Diefs besteht darin, dafs, wenn man den Himmel mit einem Auge frei, und mit dem andern durch ein langes geschwärztes Rohr betrachtet, die Farbe in dem letzteren allmälig zu verschwinden scheint. Die Erklärung dieser optischen Schwierigkeit liegt, wie ich glaube, in der allgemeinen, zuerst von

1) N. Gehler's physikal. Wörterb. Bd. I, S. 6 Anmerk.

2) Schweigger's Journ. Bd. XXX, S. 81. — Art. Atmosphäre im Gehler.

Smith [1]) beobachteten Thatsache, welche ich in sehr vielen Fällen bestätigt gefunden habe: dafs ein weifser Gegenstand, wenn er auf einmal mit beiden Augen betrachtet wird, das eine beschattet, das andere stark beleuchtet, dem beschatteten Auge *roth* und dem anderen *grün* erscheint, wiewohl seine natürliche Farbe unzweifelhaft weifs ist. Das beschattete Auge in Muncke's Versuch setzt demnach einen rothen Eindruck (vermöge des Contrastes mit dem nackten Auge) über das von ihm gesehene Blau, und da er ganz oder beinahe die complementare Farbe von diesem hat, so mufs er die Bläue zu vermindern und endlich Weifs hervorzubringen streben.

Berzelius adoptirt die Ansicht, welche die Luft an sich für farbig hält [2]).

In seinen älteren Schriften finden wir Sir David Brewster die Bouguer'sche Theorie vortragen [3]); allein seitdem ist er zu einer Lehre geführt worden, welche wir, für die Mehrzahl der Fälle, als eine Widerlegung der Newton'schen von den Farben der Körper ansehen müssen, und diefs hat ihn natürlich veranlafst, die Zusammensetzung des Himmelsblau und besonders der Farben der Wolken mit Zweifel zu betrachten. Dafs die zurückgeworfenen und durchgelassenen Farben complementar seyen, wie Newton's Theorie angiebt, ist bekanntlich bei farbigen Körpern im Allgemeinen eher die Ausnahme als die Regel; und eine sehr einfache prismatische Analyse, welche schwer zu mifsdeuten seyn möchte, beweifst, dafs die Zusammensetzung von Farben, z. B. das Grün der Blätter, weit abweicht von der, welche die Lehre von den dünnen Platten ergeben würde [4]). „Ich analysirte überdiefs," sagt er, „das Blau des Himmels, auf welches

1) *Edinb. Journ. of Science, Vol. V, p.* 52.

2) Lehrbuch der Chemie. 3te Ausgabe 1825, I, S. 346.

3) *Edinb. Encyclopaed. Art. Optics. p.* 620. Vergl. auch die Art. *Atmosphäre* und *Cyanometer.*

4) *Life of* Newton *p.* 78. 1831. *Ed. Trans. XII, p.* 538.

die Newton'sche Theorie für besonders anwendbar gehalten worden ist, allein, statt es als ein Blau erster Ordnung zu finden, in welchem die äufsersten rothen und äufsersten violetten Strahlen fehlen, während der Rest des Spectrums unangetastet wäre, fand ich, dafs ihm Strahlen aus der Nähe gewisser Fraunhofer'scher Linien mangelten, und dafs die absorbirende Wirkung unserer Atmosphäre diese Linien, wie es schien, breiter machte. Hieraus erhellt, dafs in unserer Atmosphäre Elemente vorhanden sind, welche eine specifische Wirkung auf Strahlen von bestimmter Brechbarkeit ausüben. Analoge Resultate," fährt er fort, „erhielt ich bei Zerlegung des *gelben*, *orangerothen*, *rothen* und *purpurfarbenen* Lichts, welches bei Sonnenuntergang von Wolken reflektirt wird [1]). Solch eine prismatische Analyse, wie die hier erwähnte, ist selbst genügender als die bei Pflanzensäften, weil hier das reflektirte Licht selber genau in dem Zustand, in welchem es das Auge erreicht, untersucht wird. Ich brauche wohl kaum hinzuzufügen, dafs dieser Versuch nicht minder entscheidend ist gegen die *subjective* Theorie von Muncke, als gegen Newton's und seiner Nachfolger Theorie von dünnen Wasserplatten.

Forster, in seinem „*Treatise on Atmospheric Phenomena*" trägt hinsichtlich der Wolkenfarben die Lehren Melvill's vor. „Wir beobachten," sagt er, „dafs Wolken gleicher Art, welche dieselbe örtliche oder Winkel-Lage in Bezug auf die Sonne besitzen, zuweilen reich gefärbt erscheinen, zuweilen aber gar nicht, — ein Umstand, welcher es zweifelhaft macht, ob die Wolken an sich farbig sind, oder nur das Licht reflektiren, welches durch Refraction beim Durchgang durch die Dünste der Atmosphäre am Abend gefärbt worden ist. Das erstere ist jedoch wahrscheinlicher, denn Wolken, die

1) *Ed. Trans. XII. p.* 544. Vergl. *Encycl. Brit. new. Edit.* Art. *Optics p.* 510.

gegen die Sonne nahe dieselbe Winkel-Lage besitzen, zeigen zu gleicher Zeit verschiedene Farben" [1]).

Ich mufs mich selbst als einen Anhänger der Bouguer'schen Theorie anführen, wenigstens in Betreff des Himmelsblau. In einer, vor etwa zehn Jahren veröffentlichen Reihe von Aufsätzen über die Bay von Neapel erwähnte ich des Vorkommens einer wirklichen Purpurfarbe (des poetischen *lumen purpureum*) an einem ganz klaren Himmel, welches ich einem Theil der violetten Strahlen, die, mit Blau gemischt, ins Auge kämen, zuschrieb. Trotz der Autorität von Eustace [2]) ist keine Frage, dafs Virgil's Epithet auf genaue Beobachtung der Natur gegründet war. Die Thatsache ist auch von Humboldt und von Leslie beobachtet [3]).

Wir kommen nun zu der Theorie von Leopold Nobili von Reggio, welche, nach dem bereits Angeführten, sehr kurz auseinander gesetzt werden kann. Indem ich Nobili's Speculationen über diesen Gegenstand als mir neu anführe, mufs ich bemerken, dafs sie enthalten sind in einer Abhandlung [4]) über eine gewisse zum Gebrauch für Künstler bestimmte gleichförmige Farbenskale, welche mittelst galvanischer Zersetzung von Lösungen durch Ablagerung dünner Lagen durchsichtiger Substanzen auf Metallflächen in eleganter Weise erzeugt wird. Diese schöne Kunst der Bildung dessen, was Nobili „*Apparences electro-chimiques*" nennt, lernte ich, nebst den Aufsätzen, worin sie beschrieben, zuerst durch Prof. Necker von Genf schon im Winter 1831—32

1) *Researches about Atmospheric Phenomena, 3d edit.* 1823, *p.* 86. Die Fortsetzung der Stelle soll weiterhin angeführt werden.

2) „*In the splendour of a Neapolitan firmament, we may seek in vain for that purple Light so delightful to our boyish fancy.*" — *Tour in Italy.*

3) *Encyclop. Brit.* Art. *Meteorology.*

4) *Bibliothèque universelle* (1830) *T. XLIV*, *p.* 337.

kennen, und einige Mitglieder dieser Gesellschaft werden sich erinnern, dafs ich damals in diesem Zimmer Exemplare von Nobili's chromatischer Skale, von mir selbst verfertigt, vorzeigte [1]). Aus einem aufmerksamen Vergleich der schönen Reihe so erzeugter Farben, die mit denen dünner Platten identisch sind, bemüht sich Nobili, wie es Newton gethan, *empirisch* die Ordnungen zu bestimmen, zu welchen die natürlichen Farben gehören, nur dafs er sie, statt, wie sein berühmter Vorgänger, behutsam als Muthmafsungen aufzustellen, mit einem Grad von Zutraun festsetzt, aber schlecht unterstützt durch den nun fast unhaltbaren Charakter von Newton's Theorie der Körperfarben. Viele seiner Bemerkungen sind sehr sinnreich, wo er aber Newton widerspricht, scheint er mir in offenbare Irrthümer zu verfallen. Mit der allgemeinen Frage haben wir nichts zu schaffen, und daher beschränke ich mich auf die Angaben, die den vorliegenden Gegenstand betreffen. Da er das Daseyn des *Blau erster Ordnung* läugnet [2]), so ist er gezwungen, das Blau des Himmels

1) Es ist ein sonderbarer Umstand, den ich niemals bemerkt gefunden habe, dafs Priestley in grofsem Maafse Nobili in seinem Versuche vorgriff; denn durch successive elektrische Schläge auf die Oberfläche *vieler* Arten von Metallen erzeugte er Ringe, identisch mit denen von Newton. — Priestley, *Phil. Trans.* 1778. — (Diese Versuche sind nicht so ganz unbekannt; man findet sie, aus den *Annales de chimie et de physique* entlehnt, in diesen Annal. Bd. X, S. 500 beschrieben. P.) — Diese Farben waren ohne Zweifel durch die Hitze erzeugt, in ähnlicher Weise als die in einem Theile von Nobili's Aufsatz erwähnten. Die Erklärung von diesen Farben, dafs sie, wie der Physiker von Reggio meint (wenn ich ihn recht verstehe) durch dünne Platten von *anhaftenden Sauerstoffgases* entstanden, ist zu einleuchtend falsch, um hier einer Erwähnung zu verdienen.

2) Zur Bestätigung dieser neuen Behauptung und auch der vermeintlichen Abwesenheit des Grün in der zweiten Farben-Ordnung beruft sich Nobili auf Amici's Autorität. Ich glaube vom Daseyn des Blau erster Ordnung in den depolarisirten Farben der Glimmerblätter

mels als eins der zweiten Ordnung anzuerkennen, während er die Farben der theilweise von Sonne oder Mond beleuchteten Flockenwolken (*flocculent clouds*) zur ersten Ordnung zählt. Mit anderen Worten, er nimmt an: die Dampfbläschen, von denen er spricht, seyen in dem Himmelsblau doppelt so dick als in der Mitte eines Nebels, während Newton das Blau der Luft ausdrücklich zur ersten Ordnung rechnet, weil es die Farbe der feinsten und durchsichtigsten Lüfte seyn müsse, in denen die Dämpfe nicht zu der Dicke gelangen, die, wie wir durch Erfahrung finden, zur Reflexion anderer Farben erforderlich ist." Diefs ist nur einer von den vielen Widersprüchen, in welche die Künstler-Ansicht von der Vergleichung der Farben nach äufseren Aehnlichkeiten und deren Herleitung aus einem gemeinsamen Ursprung den sinnreichen Verfasser geführt hat. Die Anwendung der von Dünsten reflektirten Farben auf die Messung der Dicke der Bläschen [1]), war, wie wir sehen, schon vollständig von Kratzenstein anticipirt, und die Allgemeinheit dieser Anwendung schon ein Jahrhundert zuvor von Melvill widerlegt, wenn er von der Theorie der „prächtigen Farben" der Wolken, als entstehend, „wie die der Seifenblasen aus der besonderen Gröfse ihrer Theilchen" spricht.

Ich habe Nobili's Abhandlung mit dem eifrigsten

mit vieler Sicherheit sprechen zu können (*Bibl. univ XLIV*, *p.* 343 und 344, Note.) Allein zeigen zu wollen, dafs dort kein Blau seyn dürfe und dafs die erste Farbe der Newton'schen Skale *weifs* seyn müsse, scheint mir ein Irrthum, entsprungen aus einem Grad von Mifsverständnifs der ersten Principien, der schwierig zu begreifen ist.

1) In der Uebersetzung des Aufsatzes in Taylor's *Scientific Memoirs Vol. I*, *p.* 99 ist durch Versehen die Maximum-Dicke der Wolkenklärchen, statt zehn *Milliontel* eines Zolls, zu einem *Zehnmilliontel* eines Zolls, oder hundert Mal gröfser (kleiner? — P.) als im Original angegeben. Selbst im Letzteren ist ein kleiner Fehler; die beschriebene Farbe entspricht Blättchen von Wasser, nicht von Luft, und diefs würde eine Dicke von sieben Milliontelu erfordern.

Wunsche durchgelesen, seine Meinung richtig, befreit von der etwas poetischen Unbestimmtheit seiner eigenen Ausdrücke und den bedeutenden Irrthümern seines Uebersetzers, kennen zu lernen, und ich glaube sie ist folgende: Es giebt am Himmel sowohl zurückgeworfene als durchgelassene Farben; die durchgelassenen sind complementar zum Blau des Himmels, und deshalb, nach Nobili, von der zweiten Ordnung, während all die feurigen Farben, welche im Contrast mit der Dämmerung (Morgendämmerung, *dawn*) besonders dem Sonnenuntergang eigen sind, Farben *erster* Ordnung sind, reflektirt von dem Bläschendampf der Wolken.

Ein sinnreicher Aufsatz vom Grafen Xavier de Maistre über die Farbe der Luft und des Wassers erschien in der *Bibliothèque universelle* für November 1832 [1]). Rücksichtlich der Atmosphäre ist des Verfassers Theorie in sofern der von Delaval ähnlich, als darin die Farbe derselben dem besonderen Zustand der in ihr enthaltenen und nach dem Prinzip der Opalescenz wirkenden Wassertheilchen zugeschrieben wird, wodurch das reflektirte Licht blau und das durchgelassene orangeroth werde. Darauf wendet er sich zu den Farben des Sonnenuntergangs und sagt: — „Allein oft geschieht es, dafs die Farben nicht beobachtet werden und die Sonne ohne dieselben zu erzeugen untergeht. Daher dürfen wir der reinen Luft nicht allein die Opalescenz der Atmosphäre zuschreiben, sondern der Mischung von Luft mit Dampf in einem besonderen Zustand, die eine Wirkung ausübt, analog der von Knochenasche in Milchglas. Eben so wenig ist es die Menge des in der Luft enthaltenen Wassers, welche diese Farben verursacht, denn, wenn die Luft sehr feucht, ist sie durchsichtiger als im entgegengesetzten Zustand, ferne Berge erscheinen dann deutlicher, — ein wohlbekanntes Vorzeichen von Regen, — und die Sonne geht ohne Farben unter; in den Dünsten

1) Uebersetzt in *Edinb. New. Phil. Journ. Vol. XV.*

und Nebeln des Morgens ist das Sonnenlicht weiſs, allein die rothe Farbe der Wolken beim Sonnenuntergang wird allgemein als der Vorläufer eines schönen Tages angesehen, weil diese Farben ein Zeichen der Trockenheit der Luft sind, die dann nichts weiter enthält als die besonderen eingemengten Dämpfe, welchen sie ihre opalisirende Beschaffenheit verdankt." — In dieser interessanten Stelle haben wir, meiner Ueberzeugung nach, Alles, was über die Ursache der atmosphärischen Farben bekannt ist, mit alleinigem Mangel des Gliedes, welches zeigt, daſs der Wasserdampf im Stande sey, zuweilen Alles bis auf die rothen Strahlen, und zuweilen Nichts zu absorbiren [1]).

Der verstorbene Harvey [2]) zu Plymouth zergliedert die Farben der Wolken haarklein und hält sie nur für erklärlich durch Annahme einer Absorption, die er den Theilchen der Wolken selbst beilegt, wiewohl er auch zugiebt, daſs diese öfters rein weiſses Licht durchlassen. Er ist sogar zu glauben bereit, daſs die Sonne zuweilen blau oder grün gesehen worden, was, glaube ich, Hr. Arago mit Recht für eine optische Täuschung hält, entspringend aus dem Contrast mit einem intensiv

1) Auf ähnliche Weise erklärt Graf Maistre die Farbe des Wassers. Er hält sie für blau im reflectirten, und für gelblich-orange im durchgelassenen Licht, und die grüne Farbe des Meers und einiger Seen schreibt er eingestreuten Theilchen zu, die eine Portion der durchgelassenen Farbe reflektiren und mit dem Blau vermischen. Dieſs wird durch Davy's Beobachtungen bestätigt (*Salmonia 3d Edit. p.* 317.) Arago hat sehr sinnreich die nämliche Schluſsfolge auf den Ocean angewandt, zeigend, daſs derselbe bei Ruhe blau seyn müsse, bei Wellenschlag aber grün erscheine, weil die Wellen als Prismen wirkend, durch Refraction etwas von dem eingedrungenen Licht aus dem Innern ins Auge bringen (*Compt. rend.* — Vergl. Ann. Bd. XXXXV, S. 468 P.). Viele Schriftsteller legen dem reinen Wasser, als ihm eigen, eine blaue oder grüne Farbe bei, wie Newton (*Optics* l. 1, *pt. II, prop. X)* Mariotte (a. a. O.) und Euler. Humboldt scheint zweifelhaft (*Voyage 8vo. T. II, p.* 133.)

2) *Encycl. Metropol.* Art. *Meteorologie p.* 163.

rothen Himmel, wie er z. B. in vielen Theilen der Welt bei Gelegenheit des trocknen Nebels von 1831 vorkam[1]).

Brandes Theorie vom Abendroth ist besonders anwendbar auf die reiche Purpurfarbe, die sich über den Montblanc und die höheren Alpen ausbreitet, nachdem die Sonne für die Ebenen untergegangen ist[2]). Diese Art von Röthe wird gewöhnlich bei wolkenfreiem Himmel beobachtet, nicht so wie die prächtige Färbung bei unseren Sonnenuntergängen, auf welche ich mich in meinem früheren Aufsatz vorzugsweise bezog. In einer der britischen Naturforscher-Versammlung von 1837 vorgelesenen Note giebt Hr. De la Rive eine sinnreiche Erklärung von einem zweiten Phänomen dieser Art, das zuweilen 10 oder 15 Minuten nach Verschwindung des ersten eintritt. Er schreibt dasselbe, ganz annehmlich, einer totalen Reflexion zu, welche die Lichtstrahlen in den höheren Regionen der gerade sehr feuchten und durchsichtigen Atmosphäre erleiden[3]).

Wahrscheinlich sind die Fälle von widernatürlich verlängertem Zwielicht, wie dergleichen Kämtz anführt[4]), nach demselben Prinzip zu erklären.

Es ist nun Zeit, dafs wir die gesammelten Angaben kurz zusammenfassen. Mit Ausschlufs der Theorie von Leonardo da Vinci und Göthe, welche die Farbe des Himmels einer Mischung von Licht und Schatten zuschreibt, und der von Muncke, welche sie zu einer bloſsen optischen Täuschung machen will, kommen die Hauptsätze, welche aufgestellt worden sind, auf drei zurück:

1) *Annuaire* 1832 *p.* 248 — Während des Druckes dieser Abhandlung habe ich von Hrn. Babinet (*Compt. rend.* — Dies. Annal. Bd. XXXXVI, S. 617) eine Notiz über die blaue Farbe der Sonne gesehen, welche er als eine wirkliche betrachtet und durch die Theorie der gemischten Platten zu erklären sucht.

2) Im Deutschen: „*Glühen der Alpen.*"

3) *Seventh Report of British Association. Transactions of Sections p.* 10. (Ann. Bd. XXXXVI, S. 511.)

4) Lehrbuch der Meteorologie Bd. III, S. 58.

1) dafs die blaue Farbe des Himmels die von reiner Luft reflektirte sey, und alle übrigen Tinten desselben Abänderungen vom zurückgeworfenen und durchgelassen Lichte seyen. Diefs ist mehr oder weniger die Meinung von Mariotte, Bouguer, Euler, Leslie u. Brandes.

2) Dafs die Farben des Himmels von schwebenden Dünsten entstehen, die, nach Art der dünnen Platten wirkend, Farben reflektiren und dann complementare durchlassen. Diefs war Newton's Theorie, welche ganz oder theilweis von späteren Schriftstellern, namentlich von Nobili, angenommen ward.

3) Dafs eine Opalescenz und specifische Absorption, abhängig von der Natur und unbekannten Constitution schwebender Theilchen, die Ursache sey. Dieser Theorie in ihren verschiedenen Abstufungen finden wir zugethan: Fabri, Melvill, Delaval, Graf Maistre und Sir D. Brewster.

Diese Ansichten sind so leicht vermischt, sind oft, selbst von ihren Anhängern, so sehr misverstanden, dafs es unmöglich ist, eine bestimmte Linie zwischen ihnen zu ziehen. Ich will einige der Hauptschwierigkeiten derselben hervorheben und mich bemühen, das Feld der Untersuchung einzuschränken.

1) Das Himmelsblau, glaube ich, kann nicht mit einiger Wahrscheinlichkeit von jenen Dampfbläschen abgeleitet werden, welche, wie man annimmt, eine so wichtige Rolle in dem Mechanismus der Wolken spielen. Wir haben von ihrem Daseyn keinen directen oder indirecten Beweis, wo das Hygrometer nicht afficirt wird, nicht einmal, wo es nicht absolute Feuchtigkeit angiebt. Beladen mit unverdichtetem Dampf ist die Atmosphäre bekanntlich ungemein durchsichtig. Dieser Dampf kann farblos seyn oder nicht; die Annahme ist, glaube ich, dafs er keine Farbe habe, da bei grofser Trockenheit der Luft die Himmelsbläue immer am vollkommensten ist, und diefs selbst in Höhen, welche es äufserst unwahrscheinlich machen, dafs in noch gröfseren Höhen unverdichteter

Dampf vorhanden sey. Wir wissen eben so wenig von der Beschaffenheit der reinen Dampftheilchen, als von der der reinen Lufttheilchen; Bläschen sind *Wasser*, kein *Dampf*; von Häutchen, die bestimmte Farben zu reflektiren im Stande sind, zu sprechen, wenn kein Wasser in der Luft vorhanden ist, oder das Hygrometer keine absolute Feuchtigkeit angiebt, heifst (wie Berkeley von den Fluxionen sagt) von den Geistern abgeschiedener Quantitäten sprechen.

2) Angenommen, dafs die Bläue des reflektirten Himmelslichts eine Eigenthümlichkeit sey, von der wir keine Erklärung zu geben vermögen, heifst es doch zu schnell auf die Lösung steuern, mit Brandes anzunehmen, dafs die Abendröthe nur von der (durchgelassenen) Farbe der Luft, als der complementaren von der reflektirten, hervorgebracht sey. Seine Erklärung von der Verschiedenartigkeit der Abendröthe, als entspringend aus der veränderlichen Opacität der weifsen Dämpfe, vermöge welcher die Röthe mehr oder weniger deutlich wahrgenommen werde, ist, obwohl sinnreich, doch offenbar falsch. Die einfachsten Versuche zeigen, dafs die Röthe nicht blofs scheinbar ist, sondern abhängt von der Beimischung veränderlicher Bestandtheile zu der Atmosphäre. Den Beweis giebt die prismatische Zerlegung des Sonnenlichts, und auch die Beobachtung künstlicher Lichter bei verschiedenen Zuständen der Atmosphäre, bei welchen sie zuweilen in ihrer natürlichen Beschaffenheit erscheinen, zuweilen aber alle ihre Strahlen bis auf die rothen verlieren, und endlich in Nebeln mit einem intensiv rothen Schimmer verschwinden.

3) Wenn Nebel und Wolken das Sonnenlicht dadurch abändern, dafs sie Strahlen zurückwerfen, die sie nicht durchlassen: warum erscheinen solche Nebel und Wolken im reflektirten Licht nicht lebhaft blau, wie Nollet es von einer neblichen Atmosphäre für einen hinter derselben befindlichen Beobachter voraussetzt?

4) Wenn die die Wolken ausmachenden Bläschen dem auf sie fallenden farblosen Licht die mannichfaltigen Farben des Sonnenuntergangs ertheilen, warum gewahren wir nicht Bogen von verschiedenen Farben, wie Kratzenstein sie beim Experimentiren im Kleinen sah, und wie kommt es, daſs Wolken von gleicher Structur, ja genau dieselben Wolken, die Farben des Sonnenuntergangs nicht zu andern Zeiten des Tages zeigen? Allein der überzeugendste Beweis von allen ergiebt sich, wenn man darauf achtet, auf welche Weise eine Wolke nach und nach verschiedenartig von den Sonnenstrahlen gefärbt wird, gerade wie es bei einer ähnlich gelagerten Flocke Wolle der Fall seyn würde, oder wie es bei den Gipfeln der Alpen geschieht. Forster erwähnt eines Falls, wo vereinzelte *Cirro-cumuli*, die schön goldgelb waren, in einer *einzigen Minute* tief roth wurden.

5) Diesen unwiderleglichen Schwierigkeiten fügt die prismatische Zerlegung der Himmelsbläue und der Abendröthe noch eine hinzu, entschieden gegen die Newton-sche Theorie, wie sie jetzt steht. Das reflektirte Blau und das durchgelassene Orangeroth sind *nicht* Farben dünner Platten. Sie entspringen aus allen Theilen des Spectrums durch den geheimniſsvollen Vorgang der Transmission, welcher sie bewahrt und die übrigen absorbirt hat. Es ist für jetzt vergeblich zu untersuchen, was für eine mechanische Constitution des Mediums diese Wirkung hervorbringe (*has effected this alchemy*).

Eine Frage indeſs, die ganz in unserem Bereiche liegt, bleibt noch zu beantworten. Die Farben des Himmels können in der That nicht erklärt werden, wenn wir unter der Erklärung eine vollendete Analyse des sie erzeugenden Mechanismus verstehen; allein die Theorie der Absorption ist unvollständig, so lange wir nicht zeigen können, in welchem Theile des Wegs der Lichtstrahlen und unter welchen Umständen die verschiedenen Farbenerscheinungen erzeugt werden können. Hassenfratz

beobachtete, daſs das Licht der horizontalen Sonne, bei Analyse mit einem Prisma, sich aller violetten und blauen Strahlen entblöſst erweise [1]). Bei sorgfältigerer Anstellung einer ähnlichen Beobachtung, entdeckte Sir David Brewster eine *specifische Wirkung* der Erdatmosphäre auf jeden Theil des Spectrums, bestehend in einer Absorption oder Vernichtung gewisser Lichtstrahlen von jeglicher Farbe. Die von ihm beobachtete Analogie zwischen den dunkeln (*deficient*) Linien des atmosphärischen Spectrums, denen des gemeinen Sonnenspectrums (welche Sir David als entstanden aus dem Durchgang des Lichts durch die Sonnen-Atmosphäre annimmt) und den im künstlichen Licht durch absorbirende Wirkung des Salpetergases hervorgebrachten, ist wahrhaft merkwürdig, und hat ihn zu dem Schluſs geführt, daſs „in allen diesen Mitteln dieselben absorbirenden Elemente vorhanden seyen" [2]).

Da es nun die der Erde nächste Schicht der Atmosphäre ist, welche hauptsächlich die Farben der Abendröthe hervorbringt, so läſst sich vermuthen, daſs die dazu mitwirkenden Elemente im Bereich der chemischen Analyse liegen. Natürlich ist dabei zuerst an die Luft zu denken, da sie die Bestandtheile des salpetrigsauren Gases enthält. Allein diese Annahme, selbst wenn sie für die atmosphärischen Linien des Spectrums richtig wäre, kann nicht die auſserordentliche Mannigfaltigkeit der Absorptionswirkung erklären, die man bei nebligem Wetter beobachtet, wo, wie gesagt, die Atmosphäre schon bei einer Dicke von wenigen (engl.) Meilen nur die rothen Strahlen durchläſst, eine Thatsache, die durch die Leuchtthürme wohl bekannt ist, und Sir John Robison vor einigen Jahren veranlaſst hat, den Gebrauch von karmoisinrothen Signallichtern vorzuschlagen [3]), weil so gefärbte

1) Kämtz, Lehrbuch III, 40. (Ann. Bd. XXIII, S. 441.)

2) *Edinb. Trans. XII, p.* 530. (Ann. Bd. XXXVIII, S. 50.)

3) Phil. Mag. 1833.

Strahlen in einer nebligen Atmosphäre nicht ausgelöscht werden. Die absorbirenden Elemente liegen offenbar in unserem Bereich; sind sie aber Salpetergas oder was sind sie?

Der in meinem letzten Aufsatz (Ann. Bd. XXXXVII, S. 593) beschriebene Versuch kommt der Beantwortung dieser Frage zu Hülfe. Der Wasserdampf ist bisher (wenigstens den Physikern) nur unter zwei Formen bekannt gewesen, als farbloses Gas und als eine durchscheinende rein weifse Masse von Theilchen, gewöhnlich Bläschen genannt [1]). Ich habe gezeigt, dafs er einen dritten oder intermediären Zustand durchläuft, in welchem er sehr durchsichtig ist, aber eine mehr oder weniger intensive Farbe besitzt, mit genau denselben Abstufungen, welche das salpetrigsaure Gas annimmt, d. h. Lohgelb, Orange, tief Orangeroth, intensivem Rauchroth, ins Schwarze neigend. Ich sage, dafs diese Entdeckung in grofsem Maafse die Lücke ausfüllt, welche bisher die Absorptionstheorie unverständlich machte. Es ist „die Mischung von Luft und Dampf in einem besonderen Zustand," deren Daseyn Graf Maistre voraussetzte (siehe das Angeführte S. 66), aber nicht beweisen konnte. Wir können jetzt den Dampf in dem dreifachen Zustande, in welchem er sich in der Atmosphäre befindet, im Zimmer darstellen: als reine farblose elastische Flüssigkeit, als welcher er selbst der reinen Luft ihre gröfste Durchsichtigkeit giebt, — dann im Uebergangszustand, wo er, noch unsichtbar an Gestalt und fast gewifs nicht bläschenförmig, einen gleichartigen orangerothen Schein durchläfst, nicht jenes Farbenspiel giebt, welches in Wolken und Nebeln eine Glorie um leuchtende Körper bildet; — und endlich in Bläschenform, wie wir ihn täglich aus der Dille eines Theekessels aufsteigen sehen, Regenbogenfarben reflektirend, wie es halb durchsichtige Wolken thun, wenn sie vor der Sonne oder dem Mond vorüberziehen. Diese Höfe schei-

1) Robison's Werke II, S. 2.

nen, ungeachtet ihrer scheinbaren Analogie mit den Farben dünner Platten, vielmehr von einer Lichtbeugung herzuführen [1]).

Das Ausbleiben der Spectrum-Linien bei meinem Versuch, mag wohl folgende Erklärung gestatten, die ich indeſs nur als eine Vermuthung äuſsere. Wenn Dampf von hohem Druck aus einer Oeffnung hervordringt, so enthält ein horizontaler Schnitt der aufsteigenden Säule Dampf in jeder Stufe von Verdichtung. In der Mitte, bis zu einer gewissen Höhe, wird reiner unsichtbarer Dampf seyn; rund herum, in Berührung mit kalter Luft, giebt es offenbar nur Bläschendampf, und der cylindrische Raum dazwischen wird rothen Dampf enthalten. Nun ist es äuſserst wahrscheinlich, daſs wenn der Versuch in dem kleinen Maaſsstabe angestellt wird, wie ich ihn beschrieben habe, beim Durchgang des Lichts durch die heterogene Säule, so viel unabsorbirte Strahlen an der höchst erleuchteten Oberfläche des Bläschendampfs reflektirt werden, daſs dadurch die Wahrnehmbarkeit der feinen Linien, auch wenn sie existiren, bei der prismatischen Analyse verhindert wird. Was mich in dieser Muthmaſsung sehr bestärkt, ist die Thatsache, daſs, wenn der Dampf sehr heftig hervordringt und stets wenn ein groſser Theil in Bläschenform zugegen ist, der unabsorbirte Theil des Spectrums eine verwaschene, unreine Farbe besitzt (wie in meinem früheren Aufsatz besonders erwähnt worden), welche wahrscheinlich aus einer durch diese Ursache bewirkte Vermischung der Farben entspringt.

Schlieſslich habe ich noch ein paar Worte zu sagen über die Anwendbarkeit dieser Thatsachen auf das Ansehen des Himmels als Wetterverkündiger. Die verschiedenen Farben des Himmels, so wie der Sonne und des

1) Young's Artikel *Chromatics in Encycl. Britann.* und Fraunhofer in Schumacher's Astronomischen Abhandlungen. Drittes Heft. 1825.

Mondes nahe am Horizont, sind in so vielen Zeiten und Ländern als die sichersten Anzeigen von Witterungsveränderungen angesehen worden, dafs wir nicht zweifeln dürfen, es sey die Mannigfaltigkeit der Zustände des in der Luft befindlichen Dampfs, seine gröfsere oder geringere Nähe an der Verdichtung, die Ursache dieser Erscheinungen. Humboldt beschreibt die Farbe und Gestalt der Sonnenscheibe beim Untergang als das untrüglichste Prognosticon in den tropischen Regionen [1]), und an einem andern Orte schreibt er diese Veränderungen „einem besonderen Zustand des Bläschendampfs" zu [2]). Da der Dampf seine Röthe nur während einer besonderen Stufe seiner partiellen Verdichtung (und umgekehrt, seiner Verdampfung) erlangt, so ist klar, dafs diese Röthe einem besonderen Zustand der Verbreitung des Dampfs in der Atmosphäre entsprechen mufs. Die Anwendungen hievon möchten sehr ausgedehnt seyn. Ich will nur auf eine hindeuten, die sicherste, die haltbarste und wahrscheinlich die älteste solcher Wettervorzeichen. Das Abendroth und das Morgengrau, als Anzeichen schönen Wetters, finden wir angegeben in den Versen des Aratus [3]), im Neuen Testament [4]), und in einem unserer gewöhnlichsten Sprichwörter. Ganz unerklärlich sind sie nach der Theorie von Brandes, welche die Röthe blofs von der Reinheit der Atmosphäre ableitet, da diese in der Regel des Morgens gröfser ist als des Abends.

Meiner Ansicht nach, ist der Vorgang folgender: Gleich nach dem Temperatur-Maximum des Tages und vor Sonnenuntergang fangen der Boden und die Luftschichten in verschiedener Höhe an Wärme durch Strahlung zu verlieren. Diefs ist die Ursache der Ablagerung des Thaues, und dem zufolge haben wir bei rauhem Wet-

1) *Relation historique* 8vo *II*, 128.

2) *Nouvelle Espagne* (engl. Uebers.) *II*, 326.

3) *Diosemeia*, 93. Angeführt von Kämtz.

4) Math. XVI, 2, 3.

ter ungeheure Massen Luft, die Feuchtigkeit in jenem besonderen Zustand enthalten, welche der Verdichtung vorangeht, und doch mag es ungemein zweifelhaft seyn, ob irgend eigentlicher Bläschendampf in diesem Prozefs nothwendig gebildet werde. Sey dem jedoch wie ihm wolle, jeder genaue Beobachter der Natur in Alpengegenden wird mir darin Recht geben, dafs schönes Wetter fast immer von Thaubildung auf offnen Flächen und von allmähliger Senkung der feuchteren Schichten begleitet ist, bis zuletzt auf dem Boden von Thälern und besonders über Wasser sichtbare Nebel entstehen [1]). Diefs ist in bergigen Gegenden die sicherste Anzeige von schönem Wetter am folgenden Tage.

Nun beobachtete Saussure bei seiner Ersteigung des Montblanc, „dafs die abendlichen Dünste, welche die Helligkeit der Sonne mäfsigten und den unendlichen Raum unter ihm halb verschleierten, den schönsten purpurfarbenen Gürtel bildeten, der den ganzen westlichen Horizont einschlofs, und so wie die Dünste herabsanken und sich mehr verdichteten, schmäler und dunkler gefärbt wurde, *bis er zuletzt blutroth war*" [2]).

Diefs Phänomen nun entspricht, glaube ich, genau der Farbenentwicklung, die ich am Dampf im Act der Verdichtung beobachtet habe, und Hrn. De la Rive's Bemerkung, dafs die nächtliche Beleuchtung des Montblanc an heiteren Abenden stattfinde, *wenn die Luft stark mit Feuchtigkeit beladen sey*, läuft auf dasselbe hinaus. Allein eine Bemerkung von Hrn. Forster in

1) Warum über Wasser? darüber siehe Davy's Aufsatz. *Phil. Trans.* 1819.

2) Angeführt von Harvey in *Enc. Metrop. Meteorology p.* * 166. Das hier erwähnte Purpurlicht entspringt wahrscheinlich aus einer Mischung der reflektirten Bläue des reinen Himmels *(welche immer vorhanden ist, wenn Purpur gesehen wird)* mit dem Orangegelb, welches sich verdichtenden Dampf zuerst durchläfst. Ich halte es jedoch keineswegs für nöthig zu behaupten, dafs reine Luft an sich keine durchgelassene Farbe besitze.

seinen „*Researches about atmospheric phenomena*“ [1]) ist noch bezeichnender und schätzbar, weil sein Werk höchst beschreibend ist, mehr als theoretisch. „Zuweilen entstehen die Farben in den Dünsten des Zwielichts so plötzlich und sind so scharf begränzt, daſs sie glauben lassen, es treten zur Abendzeit sehr plötzliche und stellenweise Veränderungen in der Atmosphäre ein, *welche vielleicht irgendwie mit der Thaubildung zusammenhängen.*“ Darauf erzählt er eine am 2. Nov. 1822 gemachte Beobachtung. „Zu Croydon in Surrey beobachtete ich, um vier Uhr Abends, gegen Westen einen schönen Himmel, erzeugt durch den hellen Rand und die herabhängenden Fransen einer leichten Wolkenbank, welche durch die untergehende Sonne schön vergoldet ward. Einige vereinzelte Cirro-cumuli, welche die äuſsere Begränzung der vorerwähnten Wolke ausmachten, waren gleichfalls schön goldgelb, und dieselbe Farbe erschien auch in verschiedenen Wolken an andern Stellen des Himmels, während die (*scud-like*) Ueberreste des Nimbus in dem Westwind darunter fortschifften. Nach etwa einer Viertelstunde nahmen alle höheren, vergoldeten Wolken ein tief rothes Ansehen an, und die Veränderung geschah so plötzlich, daſs, als ich meine Augen nur eine Minute von ihnen abwandte, um den Taback in meiner Pfeife niederzudrücken, ich darauf die Farbe ganz verändert fand. Was die Erscheinung besonders merkwürdig macht ist der Umstand, daſs sie gerade um die Zeit des Thaupunkts eintrat (*just about the period of the vapour point*). Die herabsinkende Sonne hatte schwerlich Zeit einen groſsen Unterschied im Reflexionswinkel zu machen, und es scheint demnach, daſs irgend eine plötzliche Veränderung, erzeugt durch den ersten Thaufall, die Ursache dieser gleichzeitigen Farbenwandlung in allen damals sichtbaren Wolken war.“ Ich bekenne, diese Stelle scheint mir kein geringer Beweis von der

1) Dritte Auflage S. 87.

Wahrheit meiner Theorie der atmosphärischen Farben zu seyn, und desto interessanter als ich fast bis zur gänzlichen Ausarbeitung dieses Aufsatzes mit ihr unbekannt war.

Was den Morgen betrifft, so verhält es sich damit ganz anders. Bei schönem Wetter sind die Schichten nahe der Erdoberfläche selbst, und an den tiefsten und geschütztesten Stellen, in einem Zustand vollständiger Feuchtigkeit. Die Dämpfe, welche bei Umkehrung des Prozesses wahrscheinlich Farben erzeugt haben würden, steigen nicht eher auf, als bis die Wirkung der Sonne auf die Erdfläche lange genug angehalten hat, um ihr eine merkliche Wärme einzuprägen, und während deſs ist der Augenblick des Sonnenaufgangs verstrichen, und die Sonne über die horizontalen Dämpfe emporgestiegen. Es würde leicht seyn, durch eine längere Erörterung zu zeigen, daſs der langsam fortschreitende Durchgang groſser Luftmassen durch die Temperatur des Thaupunkts nur bei heiterem Wetter bei Sonnenuntergang und nicht bei Sonnenaufgang eintreten kann. Das feurige Ansehen des Morgenhimmels, als Vorzeichen von schlechtem Wetter, rührt, ich zweifle nicht, von Anwesenheit eines solchen Ueberschusses an Feuchtigkeit her, daſs durch die Verdichtung in den höheren Regionen wirklich Wolken gebildet werden, im Gegensatz mit der Tendenz der steigenden Sonne, sie zu zerstreuen, und daher muſs es als Andeutung einer baldigen Fällung von Regen betrachtet werden.

III. *Ueber die Irradiation; von Hrn. J. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus *Tome XI* der *Mém. de l'acad. royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles.*)

1. In dieser Abhandlung beabsichtige ich, die noch heut unter Astronomen und Physikern, sogar über das Daseyn der Irradiation herrschenden Unsicherheiten zu heben und die jetzigen schwankenden Ansichten zu ersetzen durch genauere Ideen über die Ursache des Phänomens, die Gesetze desselben und seinen möglichen Einfluſs auf die astronomischen Beobachtungen.

2. Die *Irradiation* ist das Phänomen, vermöge dessen ein leuchtender Gegenstand, umgeben von einem dunklen Raum, mehr oder weniger vergröſsert erscheint. Als Beispiel führt man gewöhnlich das Ansehen des Mondes an, wenn er sichelförmig erscheint, und zugleich der Rest seiner Scheibe durch schwache Beleuchtung vom aschfarbigen Licht, wahrzunehmen ist: der äuſsere Umriſs des leuchtenden Theils scheint dann gegen den dunklen Theil einen starken Vorsprung zu machen, oder anders gesagt, die Sichel scheint einer sehr merkbar gröſseren Scheibe anzugehören, als der Rest des Mondes. — Dieses scheinbare Uebergreifen des Randes eines leuchtenden Gegenstands über den ihn umgebenden dunklen Raum führt zu einer entgegengesetzten Täuschung für einen dunklen Gegenstand auf hellem Grund. Die Dimensionen dieses Gegenstandes scheinen verkleinert, denn die längs seinem Umrisse von dem umgebenden hellen Felde bewirkte Irradiation greift dann in diesen Umriſs ein.

3. Es ist wohl unnöthig, bei der Wichtigkeit der Irradiation für die Astronomie zu verweilen. Eine Täuschung, welche die scheinbaren Dimensionen der auf dunklen Grund projicirten hellen Gegenstände zu vergröſsern,

und die der dunklen auf hellem Grunde zu verringern strebt, scheint auf alle Beobachtungen, welche die Messung der scheinbaren Durchmesser von Himmelskörpern, der Finsternisse, der Vorübergänge der Planeten vor der Sonne, u. s. w. zum Zwecke haben, einen mehr oder weniger grofsen Einflufs ausüben zu müssen. Auch hat das Phänomen den Scharfsinn der Astronomen vielfach beschäftigt; allein, was merkwürdig ist, die Beobachtungen bieten in dieser Hinsicht die gröfsten Abweichungen dar. Die einen scheinen einen merklichen Einflufs der Irradiation anzudeuten, die andern von den daraus entspringenden Fehlern gänzlich frei zu seyn. Daher denn auch ein Zwiespalt der Meinung unter den Astronomen, sogar über das Daseyn der Irradiation; die einen geben es zu, die andern läugnen es. Es ist daher wichtig, unter diesen Unsicherheiten die Wahrheit aufzusuchen und die Ursachen der ersteren festzusetzen. Ich werde, so hoffe ich, aufser Zweifel setzen, dafs die Irradiation wirklich existirt, dafs sie eine der am leichtesten festzustellenden Gesichtserscheinungen ist, dafs sie sogar mit Genauigkeit gemessen werden kann, und dafs, wenn sie bei den mit astronomischen Instrumenten gemachten Beobachtungen zuweilen ihren Einflufs nicht mehr gezeigt hat, diefs von leicht erklärlichen Umständen herrührt.

4. Andrerseits sind nach und nach mehre Theorien zur Erklärung der Ursache der Irradiation aufgestellt. Eine derselben, obwohl sehr alt, wird noch heut allgemein angenommen. Sie besteht in der Annahme, dafs der von einem leuchtenden Gegenstand auf dem Grund des Auges erzeugte Eindruck sich von dem Punkt, der direct vom Licht getroffen wird, nach allen Seiten auf der Netzhaut ein wenig ausbreitet, so dafs die Gesammt-Empfindung dann einem Bilde, etwas gröfser als das wirkliche, entspricht. Diese so einfache Hypothese hat indefs Widersacher gefunden, und neuerlich ist sogar eine andere Erklärung aufgestellt worden. Ich werde demnach

die

die verschiedenen Theorien, die man aufgestellt, prüfen, und mich bemühen, die eben erwähnte durch neue Beweise zu unterstützen.

5. Endlich steht das Phänomen unter merkwürdigen Gesetzen, welche zugleich auf Verfahrungsarten führen können, durch die sich die astronomischen Beobachtungen gegen dessen Einfluſs sichern lassen. Unter diesen Gesetzen waren einige schon bekannt, obwohl auf eine ziemlich unbestimmte Weise; die anderen dagegen lehrte mich die Erfahrung kennen. Ich werde einfache Methoden angeben, um alle zu bestätigen, und werde die wichtigeren zu messen versuchen.

Um diese verschiedenen Gegenstände mit Sachkenntniſs anzugreifen, wird es zweckmäſsig seyn, zuvörderst einen geschichtlichen Ueberblick der Untersuchungen und Meinungen der Gelehrten über das uns beschäftigende Phänomen zu geben. Der Leser wird dann selber den gegenwärtigen Stand der Aufgabe klar beurtheilen können.

Geschichtliches.

6. Die Erscheinung der Irradiation ist schon sehr früh beobachtet worden. Epicur[1]) spricht von dem Gröſsen-Unterschied, den eine Flamme darzubieten scheint, wenn man sie bei Tage und bei Nacht von ferne betrachtet, und zwar um zu zeigen, daſs das Auge bei Schätzung der Gröſse von Himmelskörpern kleine Fehler begehen könne. Dieser Philosoph ahnte also schon den Einfluſs der Irradiation auf die Astronomie.

Wahrscheinlich ist es auch die Irradiation, worauf Persius in den beiden ersten Versen der dritten Satire anspielt:

... Jam clarum mane fenestras
Intrat et angustas extendit lumine rimas

1) Brief an Pythocles. Siehe Diogenes Laertius.

7. Unter Denen, welche das Phänomen zuerst zu erklären suchten, sagten die Einen, wie uns ein Freund von Galilei [1]) belehrt, dafs die leuchtenden Körper, wie die Gestirne und die künstlichen Lichter, die umgebende Luft *entzündeten*, so dafs das Auge, bei hinreichender Entfernung, den Gegenstand mit seinem Hofe verwechsle und ihn deshalb für gröfser halte. Die Anderen leiteten, nach Gassendi [2]), die scheinbare Vergröfserung einer von ferne beobachteten Flamme davon ab, dafs die umgebende Luft durch feine, fortwährend von der Flamme ausfliefsende Theilchen stark erleuchtet würde [3]).

8. Im J. 1604 gab Kepler [4]) eine vernünftigere Erklärung, indem er die Ursache der Erscheinung in das Auge des Beobachters selbst versetzte. Wenn, nach ihm, ein leuchtender Punkt jenseits einer gewissen, für jedes Individuum bestimmten Entfernung gebracht wird, so vereinigen sich die vom Auge aufgenommenen Strahlen, ehe

1) *Discorso delle comete di Mario Guiducci*, geschrieben 1619 (*Opere di Galileo Galilei. Florenz* 1718. *T. II, p.* 256).

2) *Epistola III de proportione qua gravia decidentia accelerantur*, geschrieben 1642 (*Petri Gassendi Opera omnia. Florenz* 1727, *T. III, p.* 585.)

3) Diese sonderbaren Ideen fanden sogar Anhänger unter den Neueren. So findet man sie wenig abgeändert in einem Werke, welches 1758 erschien, unter dem Titel: *Manuel physique, ou manière courte et facile d'expliquer les phénomènes de la nature, par Dufieu* (*p.* 376 *quest. XLII*). Der Verfasser leitet die Erscheinung davon ab, dafs die umgebende Luft *von dem Licht der Flamme erleuchtet werde.* Doch mufs hinzugefügt werden, dafs er diese Theorie nicht auf die Irradiation der Gestirne ausdehnt, vielmehr den scheinbaren Vorsprung der erleuchteten Mondscheibe über die dunkle durch eine Ausbreitung des Eindrucks auf die Netzhaut erklärt (*p.* 375, *quest. XLI*).

4) *Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur. Frankfurt* 1604, *pp.* 217. Siehe auch die Vordersätze, auf welche diese Theorie sich stützt, *p.* 199, *prop. XXVI* und *p.* 200, *prop. XXVII.*

sie die Netzhaut erreicht haben, gehen dann wieder auseinander und malen auf diese Haut nicht einen Punkt, sondern eine kleine Scheibe. Daraus dann die Erklärung der scheinbaren Vergröfserung ferner Gegenstände, die hell und von dunklen Gegenständen umgeben sind: denn diese Ausbreitung der Lichtpinsel müsse offenbar die Gränzen der Bilder auf der Netzhaut erweitern, und Gegenstände von vielem Glanz müssen alsdann übereinander zu greifen scheinen. *Si aequalis omnia claritatis fuissent*, sagt Kepler, *visio confusa esset; jam vero, quia lucida praepollent, quantitate vitiantur*. Andrerseits nimmt er an, dafs die Erzeugung dieser Täuschung eine gewisse Erregbarkeit erfordere, welche die Netzhaut nicht blofs in dem Punkt, der dem deutlichen Sehen entspricht, sondern auch rings um diesen Punkt, für eine Einwirkung sämmtlicher den ausgebreiteten Lichtpinsel bildender Strahlen empfänglich mache; mithin meint Kepler nicht, dafs das Phänomen sich bei allen Individuen erzeuge. Diese Theorie scheint, wie man sieht, sehr annehmlich, ist auch seitdem mehr als einmal aufgefrischt worden [1]). Indefs nimmt man gegenwärtig allgemein an, dafs es keine Gränze der Entfernung gebe, jenseits welcher ein normal gebildetes Auge nicht den Brennpunkt von Lichtpinseln auf die Netzhaut bringen könnte. Ueberdiefs, wie ich weiterhin (§. 71.) zeigen werde, offenbart sich die Irradiation eben so gut, selbst in der Entfernung, in welche Jeder einen Gegenstand versetzt, z. B. ein Buch hält, um ihn bei natürlichem Zustand der Augen deutlich zu sehen. Ich habe nicht nöthig hier zu bemerken, dafs das Phänomen der Irradiation keineswegs gewissen Augen eigen ist, wie Kepler glaubte; das ist eine Meinung, die Niemand wieder aufgestellt hat, und

1) *Histoire de l'Académie des sciences de Paris pour* 1699, *p*. 79 (gedruckt 1732). — *Essai sur la vision distincte et confuse, par* Jurin, §. 53 u. ff., erschienen 1738 am Ende des *Traité d'Optique de* Smith (Uebersetzung von Pezenas T. 1).

die auch den Thatsachen widerspricht; nur ist, wie ich mich überzeugt habe, die Intensität der Erscheinung mehr oder weniger grofs in verschiedenen Augen, sogar veränderlich bei einer und derselben Person (§§. 53, 77, 79, 87—89).

Kepler berichtet, als Beispiele der scheinbaren Vergröfserung leuchtender Gegenstände, mehre Thatsachen, unter welchen ich die folgenden auswähle (man darf nicht vergessen, dafs sie alle aus Beobachtungen, die ohne vergröfsernde Instrumente gemacht wurden, hervorgingen; die astronomischen Fernröhre wurden erst einige Jahre später bekannt). Der äufsere Rand der Mondsichel scheint einem weit gröfseren Kreise anzugehören, als der ist, welcher den Rest der von der Erde erhellten Scheibe einfafst; bei einer Mondfinsternifs, im J. 1603, beobachteten mehre Personen, die den äufseren Rand des verdunkelten Theils erkennen konnten, einen analogen Effect. Bei Sonnenfinsternissen sehen selbst Personen, die ein gutes Gesicht haben, bei Anfange der Erscheinung einige Zeit lang nichts, bis sich plötzlich ein Ausschnitt von gewisser Gröfse bildet; die Hörner, welche der sichtbare Theil der Sonne dann darbietet, scheinen merklich abgestumpft; endlich zeigt sich der verdunkelte Theil immer zu klein, indem der leuchtende Theil über den Mondrand weggreift.

Zur Zeit, da Kepler das in der Anmerkung genannte Werk schrieb, lehrte man über die Verrichtungen der verschiedenen Theile des Auges und über den Gang der Strahlen in demselben nur die gröbsten Irrthümer. Es ist in demselben Werk, wo dieser grofse Mann mit einem Male alle diese Ungereimtheiten über den Haufen warf, und die wahren Grundsätze der Theorie des Sehens aufstellte. Wenn er sich bei der Irradiation irrte, so geschah es, weil er die Eigenschaft eines wohlgebildeten Auges, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände anzubequemen, nicht deutlich kannte; man

begreift diefs leicht: seine eigenen Augen waren schlecht und ferne Gegenstände schienen ihm vervielfacht. Obwohl heute unzulässig, kann dennoch die Erklärung, die er von der Irradiation gab, als ein neuer Zug seines Genies angesehen werden.

9. Die astronomischen Fernröhre gaben, indem sie eine grofse Zahl falscher Erscheinungen, die in der Irradiation des Auges ihren Grund hatten, zerstörten, diesem Phänomen einen neuen Grad von Evidenz. Auch Galilei machte ein besonderes Studium daraus, und mehrmals kommt er im Laufe seiner Werke auf dasselbe zurück. Nach ihm entspringt die Irradiation sowohl aus einer Brechung in der Feuchtigkeit, welche die Augenlider auf dem Vordertheil des Auges zurückhalten [1]), als auch von einer Reflexion an den feuchten Rändern der Augenlider [2]), und ist von gleicher Natur mit jenen langen Lichtstreifen, welche man von den obern und untern Theilen eines hellen Gegenstandes ausgehen sieht, wenn man die Augen theilweise schliefst. Es ist wohl unnöthig zu bemerken, dafs ein solcher Vergleich heut zu Tage ganz unhaltbar ist, und Galilei selbst scheint zuletzt Zweifel an seiner eignen Theorie gehegt zu haben, wie diefs aus einer Stelle in seinen Gesprächen über das Weltsystem, dem letzten Werke, worin er von der Irradiation spricht, zu ersehen ist [3]). Sey es mir

1) *Discorso delle comete* (die schon erwähnten *Opere di* Galilei *T. II, p.* 257). Diefs Gespräch ist von Mario Guiducci geschrieben, allein er giebt die Ideen von Galilei.

2) *Il Saggiatore*, erschienen 1623 (*ibid. T. II, p.* 395).

3) . . . *Affirmo, objecta resplendentia, seu quia lumen illorum in humiditate, quae supra pupillas est, refringitur, seu quia reflectitur in crepidinibus palpebrarum, spargendo radios suos reflexos super easdem pupillas, seu denique propter aliam causam, ingeri oculo nostro circumdata novis radiis, et proinde majorem habentia speciem, quam eorum corpora tali irradiatione nudata repraesentarent* (*Galilaei Systema cosmicum,*

erlaubt, hier die Beobachtungen dieses grofsen Mannes über den in Rede stehenden Gegenstand kurz auseinander zu setzen, und zu zeigen, dafs wenn gleich die Ursachen, welche er dem Phänomen beilegt, nicht zugelassen werden können, er doch wenigstens die Kenntnifs der Gesetze, welche dasselbe regieren, fast bis zu dem Punkt, wo sie heute ist, gebracht hat.

Ich werde zunächst einen Theil der Thatsachen anführen, welche er zur Constatirung des Phänomens beibringt. So scheinen die Sterne, kurz nach Sonnenuntergang, wo man anfängt einige zu unterscheiden, äufserst klein, und in dem Maafse, als die Dämmerung abnimmt und sie leuchtender werden, scheinen sie sich zu vergröfsern. Eben so verhält es sich mit den Planeten; und Venus ist, bei Tage gesehen, kaum einem Sterne letzter Gröfse vergleichbar. Es ist nicht blofs das Tageslicht, welches den Gestirnen ihre künstliche Aureole raubt: eine leichte Wolke vor ihnen bewirkt dasselbe, eben so wie ein farbiges Glas oder ein schwarzer Schleier, durch welche man sie betrachtet. Endlich schwächen auch die astronomischen Fernröhre die Irradiation, daher denn auch diese Instrumente, welche alle übrigen Gegenstände so bedeutend vergröfsern, die Dimensionen der Fixsterne kaum verändern, und die Gröfsen-Unterschiede, welche diese Sterne, so wie die Planeten, bei Betrachtung mit blofsem Auge, je nachdem der Himmel mehr oder weniger dunkel ist, darbieten, verschwinden machen. Aus demselben Grunde zeigen uns die Fernröhre die Planeten von bestimmter Gestalt und scharf begränzten Umrissen: man unterscheidet dadurch vollkommen die runde Gestalt des Jupiters, die Phasen der Venus u. s. w., während, bei blofsem Auge, alles zu einem gleichförmigen strahlenden Schein verschwimmt. Diese Eigenschaft der Fernröhre läfst sich übrigens leicht erklären, denn da

Lyon 1641, *Dial. III*, *p.* 248). Diefs Werk von Galilei erschien schon 1632 italienisch.

die Gegenstände nur dann von ihnen vergröfsert werden können, wenn sie sich vor ihnen befinden, so kann der Lichtschein (*chevelure lumineuse*) der Irradiation, welcher seinen Sitz im Auge des Beobachters hat, an dieser Vergröfserung keinen Theil nehmen [1]).

10. Was die Gesetze des Phänomens betrifft, so wurde Galilei im Laufe seiner Untersuchungen zu folgenden geführt:

I. Die Irradiation ist desto gröfser, je heller der Gegenstand ist. — In der That überzeugt man sich leicht, dafs z. B. Mars und vor allem Mercur, welche der Sonne näher und folglich heller als Jupiter und Saturn sind, eine stärkere Irradiation als diese haben; denn es hält schwerer, sie ihnen mittelst des Fernrohres zu nehmen und demnach ihre wahre Gestalt zu erkennen [2]).

II. Die Irradiation ist um so gröfser, als der Grund, auf welchem der Gegenstand erscheint, dunkler ist. — Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die scheinbaren Durchmesser der mit blofsem Auge erst in der Dämmerung, und dann in der Nacht beobachteten Sterne zu vergleichen [3]).

III. Die Irradiation, die einen hellen Gegenstand auf dunklem Grunde vergröfsert, verringert im Gegentheil die scheinbaren Dimensionen eines auf hellem Felde befindlichen dunklen Gegenstandes. — Es ist dann die Irradiation des Grundes, welche den Gegenstand übergreift [4]). So würde Venus, im Vorübergange vor der

1) *Lettera di Galileo Galilei al padre Cristoforo Grienberger*, 1611 (*Opere di* Galilei *T. II*, *p.* 467, 469). — *Sydereus Nuncius*, 1610 (*ibid. p.* 18). — *Discorso delle comete* (*ibid. p.* 255, 257). — *Il Saggiatore* (*ibid. p.* 396).

2) *Lettera al P. Grienb.* (*Opere di* Galilei *T. II*, *p.* 467, 468).

3) *Ibid p.* 468.

4) Die letzte der §. 8 angeführten Beobachtungen Kepler's zeigt, dafs er schon diese Folgerung eingesehen habe; denn in der besagten Beobachtung gehört der verfinsterte Theil, der zu klein erscheint, dem

Sonne, weit kleiner erscheinen müssen, als wenn sie am dunklen Himmel glänzt, weil sie in letzterem Fall vergrösert, in ersterem verkleinert ist [1]).

IV. Endlich ist die Irradiation desto gröfser in Bezug auf den Gegenstand, und hat desto mehr Einflufs, die wirkliche Gestalt desselben zu verstecken, als dieser Gegenstand kleiner ist.

In der That mufs ein Lichtschein von gewisser Breite, der einen Gegenstand umgiebt, weit stärkere Aenderungen in der scheinbaren Form desselben hervorbringen, wenn dieser Gegenstand klein, als wenn er grofs ist. Während es mit blofsem Auge unmöglich ist, z. B. die Gestalt des Jupiters zu erkennen, zeigt sich die des Mondes ganz deutlich. Andrerseits, obwohl die Irradiation zu klein gegen die Dimensionen des Mondes ist, um uns die allgemeine Gestalt desselben zu verdecken, reicht sie doch hin, um uns, selbst im Fernrohr, die kleinen Unebenheiten, die seinen äufseren Rand auszahnen müssen, zu verhüllen. Folgender Versuch wird diese Behauptung unterstützen. Man mache in dünnes Eisenblech zwei Schlitze von ähnlichen Dimensionen, den einen mit glatten, den andern mit gezähnten Rändern (Fig. 1. Taf. III), stelle diesen Apparat vor einer breiten Flamme an einem dunklen Orte auf, so dafs die beiden Schlitze leuchtend erscheinen. Betrachtet man sie nahe bei, so gewahrt man die Zahnschnitte der zweiten vollkommen, entfernt man sich aber auf hundert oder hundert funfzig Schritt, so wird die Irradiation so grofs, dafs die Zahnschnitte vollständig verschwinden und die beiden Schlitze gleiches Ansehen haben. Wenn man nun, mit Beibehaltung dieser letzteren Entfernung, ein Fernrohr anwendet, so unterscheidet man aufs Neue den Unterschied

dunklen Mondskörper an, der auf das von der Sonnenscheibe gebildete helle Feld projicirt ist.

1) *Istoria e dimonstrazioni intorno alle macchie solari etc.* 1612 (*Opere di* Galilei *T. II*, *p.* 153).

beider Gegenstände, und wenn man sich endlich hinreichend entfernt, hört selbst das Fernrohr auf diesen Unterschied wahrnehmbar zu machen [1]).

Am Schlusse dieser Skizze von Galilei's Untersuchungen über die Irradiation, kann ich mich nicht enthalten einige Worte zu sagen über ein von ihm erdachtes sinnreiches Mittel, den Winkeldurchmesser der Sterne, befreit von ihrem Hofe, zu messen. Diefs Verfahren, dessen Unzulänglichkeit übrigens gegenwärtig leicht einzusehen ist, und welches Galilei selber nicht für sehr genau hielt, besteht darin, dafs man zwischen Auge und Stern eine Schnur, winkelrecht auf den Gesichtsstrahl, ausspannt, und diejenige Stellung aufsucht, wo der Stern genau von der Schnur verdeckt wird. Kennt man dann die Dicke der Schnur und deren Abstand vom Auge, so ist es leicht, den Gesichtswinkel zu berechnen. So fand Galilei, dafs ein Stern erster Gröfse, dessen Durchmesser man damals auf zwei bis drei Minuten schätzte, sich auf einen Durchmesser von höchstens fünf Sekunden reducirte. Diefs Verfahren beruht auf der einfachen Betrachtung, dafs sobald ein dunkler Schirm, vor einen hellen Gegenstand gestellt, eine solche Winkelbreite erlangt, dafs dieser Gegenstand keine Strahlen mehr ins Auge senden kann, auch der Lichtschein der Irradiation aufhören müsse sich zu erzeugen, mithin die so gemachte Winkelmessung diesen Lichtschein nicht mehr umfasse [2]).

11. Nach Galilei ward die Irradiation speciell von Gassendi untersucht. Dieser Philosoph schreibt das Phänomen der Erweiterung der Pupille im Dunklen zu. Wenn z. B. eine Flamme, von Ferne betrachtet, bei Nacht weit gröfser erscheint als bei Tage, so rührt diefs

1) *Lettera al P. Grienb.* (*Opere di* Galilei *T. II*, *p.* 470 *et* 471). — *Systema cosmicum Dial. III*, *p.* 248, 249. *Fig.* 1 giebt die Dimensionen der Schlitze, wie sie in dem Werke von Galilei abgebildet sind.

2) *Systema cosmicum Dial. III*, *p.* 267, 269.

daher, dafs die Pupille bei Nacht mehr geöffnet ist, und deshalb auf der Netzhaut ein gröfseres Bild entsteht [1]). Gegenwärtig wissen wir, dafs die Dimensionen des auf der Netzhaut geformten Bildes nicht von denen der Pupille abhangen. Ich werde Gassendi in der Entwicklung seiner Erklärung nicht folgen, denn er stützt sich auf die irrigsten Begriffe von dem Sehen.

Aufser analogen Thatsachen, wie sie Galilei beibringt, erwähnt Gassendi einiger anderen, die nicht ohne Interesse sind. Betroffen von der Schwäche des Lichts, welches uns die Gesammtheit der auf einmal am Horizonte glänzenden Sternen zusendet, fragt er sich, welche Gröfse eine einzige aus der Vereinigung aller dieser Sterne gebildete Scheibe haben werde, wenn man jedem derselben den Durchmesser beilege, unter welchem er sich dem blofsen Auge zeigt, nämlich 3′ für die erste Gröfse, 2′, 5, für die zweite, u. s. w. Er findet, dafs diese Scheibe die der Sonne übertreffen würde. Wenn man nun nachdenke über den ungeheuren Unterschied zwischen dem Licht der Sonne und dem, welches wir in der schönsten Nacht von der Gesammtheit der Sterne empfangen, so werde man nothwendig zu der Folgerung geführt, dafs die wahren Winkeldurchmesser der Sterne äufserst klein gegen die scheinbaren seyn müssen [2]).

1) *Epistolae quatuor de apparente magnitudine solis humilis et sublimis.* Siehe die drei ersten, geschrieben von 1636 bis 1641 (Gassendi *Opera T. III*, *p.* 385 ff.) — *Epist. tres de prop. qua gravia decid. accelerantur.* Siehe den dritten, geschrieben 1642 (*ibid. p.* 567). — *Physicae, Sect. II*, *Lib. II*, *cap. V*, *de varietate, positu et magnitudine siderum* (*ibid T. I*, *p.* 499—508).

2) *Epist. de prop. qua grav. decid. accel*, dritter Brief (Gassendi *Opera T. III*, *p.* 583). Wenn unsere photometrischen Mittel einst so weit gediehen seyn werden, dafs sie erlauben, ohne zu grofse Ungenauigkeit, die Helligkeit der Sterne mit der der Sonne zu vergleichen, sollte es dann nicht möglich seyn, diese sinnreiche Idee Gassendi's zur Erlangung einiger Angaben über die Winkeldurchmesser der Fixsterne zu benutzen?

Gassendi bemerkt noch, dafs wenn man mit blofsem Auge einen gegen den Mond vorrückenden Stern beobachte, und, im Augenblick, wo er sich hinter die leuchtende Scheibe dieses Gestirns zu verstecken scheine, durch ein Fernrohr sehe, man abermals den Stern getrennt vom Mond erblicke, und zwischen beiden Sternen einen Raum von einem oder zwei Zoll wahrnehme, so dafs die Bedeckung erst einige Minuten hernach stattfinde [1]).

Diefs ist, wie man sieht, ein auffallender Beweis von der Irradiation bei dem mit blofsem Auge beobachteten Mond; allein Gassendi geht weiter, und erwähnt, in der Absicht seine Theorie zu stützen, folgenden Versuchs, durch welchen er diese Irradiation gemessen hat. Er bestimmt mit Hülfe des *radius astronomicus* (*Arbalestrille*) die successiven Winkelwerthe des Monddurchmessers, von der Mitte der Nacht bis zum vollen Tage, und findet auf diese Weise: in der Nacht 38′, am Anfang des Morgenroths 36,4′, bei schon hellem Tage 34,4′, nach Aufgang der Sonne, als aber diese noch in den Dünsten des Horizonts steckte, abermals 34,4′, und endlich als die Sonne mit vollem Glanze schien nur 33′ [2]). Angenommen, diese Messungen seyen richtig und die Irradiation des Mondes am hellen Tage sey nahe Null, so gelangt man zu dem Resultat, dafs, bei besagter Beobachtung, die Irradiation den scheinbaren Halbmesser des Mondes für Gassendi um 2′,5 vergröfsert habe [3]).

1) *Physicae, sect. II, Lib. II, cap. V* (*ibid. T. I, p.* 501).

2) *Epist. de app. magn. solis humil. et sublim.* zweiter Brief (*ibid. T. III, p.* 395).

3) Dieser Werth könnte den Astronomen, die glaubten, der Fehler aus der Irradiation belaufe sich höchstens auf einige Sekunden, sehr übertrieben vorkommen. Man darf indefs nicht vergessen, dafs es sich hier nur um die mit blofsem Auge beobachtete Irradiation handelt, denn der *Radius astronomicus* war kein vergröfserndes Instrument. Man beobachtete nur durch Absehen.

Diese sonderbaren Beobachtungen Gassendi's liefern überdiefs eine merkwürdige Bestätigung des Einflusses, welchen der Helligkeitsgrad des den leuchtenden Gegenstand umgebenden Feldes auf die Irradiation ausübt.

Man sieht aus vorstehendem Abrifs von Galilei's und Gassendi's Untersuchungen, dafs von den ersten Zeiten an, wo man sich fleifsig mit dem Phänomen beschäftigte, das Daseyn und mehrere Gesetze desselben wohl festgestellt wurden.

12. Gassendi hatte 1631 den Vorübergang des Merkur vor der Sonne beobachtet, indem er das von dem Objectiv eines Fernrohrs geformte Bild beider Gestirne mit einer Tafel auffing, und dabei setzte ihn die aufserordentliche Kleinheit des Planeten höchlich in Erstaunen [1]). Schickard sandte ihm über diesen Gegenstand eine Dissertation [2]), in welcher er behauptete, dafs Merkur zu klein erscheinen mufste. Unter mehren von ihm angegebenen Ursachen dieser Verkleinerung, unter denen sich indefs die Irradiation nicht angegeben findet, ist folgende die hauptsächlichste, die ich hier anführe, weil sie sich auf das allgemeine Phänomen der scheinbaren Verkleinerung eines auf hellem Grund gesehenen dunklen Körpers bezieht. Nach Schickard hat das Licht die Eigenschaft, sich nach allen Seiten zu verbreiten und auszudehnen, und daher müssen alle von ihm berührten dunklen Körper nothwendig etwas beschnitten erscheinen [3]). Zur Stütze dieser Meinung führt er einen recht sonderbaren Versuch an, darin bestehend, dafs man einen quer vor einer Kerzenflamme gehaltenen Stock von ferne be-

1) *Mercurius in sole visus* (P. Gassendi *Opera T. IV*, *p.* 537).

2) *Pars responsi ad epistolas* P. Gassendi *insigni philosophi Galli de Mercurio sub sole viso etc. Tubingae* 1632.

3) *Nosti Lucis hanc esse naturam, ut se undiquaque diffundat et amplificet. Dumvero ita se didit, necessario fit ut opaca contigua, nonnihil amputentur et praecidantur* (*ibid. p.* 12).



trachtet; der Stock scheint dann von unten und oben stark von der Flamme ausgeschnitten zu seyn.

Zur Erklärung der scheinbaren Verringerung eines auf helles Feld projicirten dunklen Gegenstandes stützt sich demnach Schickard auf die vage Idee von einer Ausbreitung des Lichts in der Nachbarschaft dieser Körper. Beiläufig gesagt, ist diefs ohne Zweifel die erste Vermuthung von einer Abänderung, die dem Licht von Körpern, die es streift, eingeprägt wird [1]).

13. Es ist nicht ohne Interesse, zu lesen, was Horrockes, der 1639 nach Gassendi's Verfahren den Vorübergang der Venus vor der Sonne beobachtete, auf die Gründe von Schickard geantwortet hat [2]). Horrockes setzt die Ocular-Irradiation wieder in ihre Rechte ein, und erklärt sie auf Galilei's Weise. Er bemerkt, dafs dunkle Körper, wie der Stock in Schickard's Versuch, nur beschnitten erscheinen, wenn man sie mit blofsem Auge betrachte; dafs aber, wenn man den Schatten auf einer Wand beobachte, dieser nicht schmäler als der Stock selbst erscheine, abgerechnet die nach einem geometrischen Gesetz erfolgende Verkleinerung, welche die Gröfse der Flamme herbeiführen kann. Nun waren es aber die Schatten von Merkur und Venus, die sich in der Camera obscura auf das Bild der Sonne projicirt hatten, und der Glanz dieses Bildes war so geschwächt, dafs die Augen ihn leicht ertragen konnten, und man keine Unsicherheit der Resultate in Folge einer Ausdehnung des Lichts zu fürchten hatte.

14. Descartes, glaube ich, ist der Erste, welcher die Irradiation durch eine Ausbreitung des Eindrucks

1) Im J. 1743 las Le Gentil in der Pariser Akademie einen Aufsatz, in welchem er durch eine Reihe von Versuchen zu beweisen sucht, dafs die Verkleinerung der auf hellem Grund gesehenen dunklen Körper von einer Diffraction des ihre Ränder streifenden Lichts entstehe (*Mém. de l'acad. des scienc. de Paris* 1784, *p.* 469).

2) *Venus in sole visa*, *cap. XVI.* Diese Dissertation ist hinter der von Hevelius: *Mercurius in sole visus* abgedruckt.

auf die Netzhaut erklärt hat. In seiner Dioptrik, die 1637 erschien [1]), setzt er diese Idee folgendermaafsen auseinander; „*Et la raison pourquoy ces cors blancs ou lumineus paroissent plus grands, ne consiste pas seulement en ce que l'estime qu'on fait de leur grandeur dépend de celle de leur distance, mais aussy en ce que leurs images s'impriment plus grandes dans le fonds de l'oeil. Car il faut remarquer que les bouts des filets du nerf optique qui le couurent, encores que très-petits, ont néantmoins quelque grosseur; en sorte que chacun d'eus peut estre touché en l'vne de ses parties par un obiet, et en d'autres par d'autres; et que n'estant toutesfois capable d'estre meu que d'vne seule façon à chasque foix, lorsque la moindre de ses parties est touchée par quelqu'obiet fort esclatant, et les autres par d'autres qui le sont moins, il suit tout entier le mouuement de celuy qui est le plus esclatant, et en représente l'image, sans représenter celle des autres. Comme si les bouts de ces petits filets sont* 1, 2, 3 (Fig. 2, Taf. III) *et que les rayons qui viennent, par exemple, tracer l'image d'vne estoile sur le fond de l'oeil, s'y estendent sur celuy qui est marqué* 1, *et tant soit peu au delà tout autour sur les extrémités des six autres marqués* 2, *sur lesquels ie suppose qu'il ne vient point d'au-*

1) *La dioptrique, Leyde* 1637, *discours sixième, p.* 67 *et* 68. Schon **Kepler** hatte 1611 die Idee von einer Fortpflanzung der Eindrücke ausgesprochen, ohne sie indefs auf die scheinbare Vergröfserung der mit blofsem Auge beobachteten hellen Gegenstände auszudehnen. Indem er zu zeigen sucht, warum die durch ein Fernrohr gesehenen Gegenstände deutlicher erscheinen, wenn man die Oeffnung des Objectivs verringert, drückt er sich also aus: *Quae per magnam portionem convexitatis in oculum radiant illa .... fortius radient, qua fortitudine primum iridis colores, inde nebulae excitantur. Oculi enim cava et retiformis tunica est spiritu plena, et licet a puncto solum tangatur, tamen si id punctum ex concursu radiorum multorum sit immoderate lucidum, spiritus in aliqua labitudine retiformis circa hoc punctum imbuuntur contagione passionis penetranti* (*Dioptrice* §. *CXXII, p.* 64).

tres rayons, que fort foibles, des parties du ciel voisines à cette estoile son image s'estendra en tout l'espace qu'occupent ces six marqués 2 et mesme peut-estre encores en tout celuy qu'occupent les douze marqués 3, si la force du mouuement est si grande, qu'elle se communique aussy à eus. Et ainsi vous voyés que les estoiles, quoy qu'elles paroissent assés petites, paroissent néantmoins beaucoup plus grandes qu'elles ne deuroient à raison de leure extrême distance.

So besafs man also schon 1637, aufser einer grofsen Zahl von Thatsachen, die das Daseyn der Erscheinung deutlich erwiesen, aufser der Kenntnifs mehrer ihrer Hauptgesetze und selbst einer angenäherten Messung in einem besonderen Fall, eine Theorie, die mit allen diesen Erfahrungen übereinstimmte, und sich, wenigstens im Wesentlichen, bis auf unsere Tage fortgepflanzt hat.

15. Unterdefs vervollkommneten sich die astronomischen Instrumente, und die Lehre vom Lichte machte unermefsliche Fortschritte. Das concave Ocular der ersten Fernröhre hatte dem convexen Ocular Platz gemacht; man hatte erkannt, dafs man, ohne der Schärfe der Bilder zu schaden, die Vergröfserung steigern könne, wenn man die Brennweite der Objective vergröfsere; endlich erfand man das Fadenmikrometer. Andrerseits hatte Newton die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstrahlen entdeckt, und in Folge defs die chromatische Aberration; er hatte gezeigt, wie der aus der Verlängerung der Fernröhre entspringende Vortheil zusammenhange mit dieser Aberration, deren Einflufs dadurch verringert werde. Diese Fortschritte verschoben, wie wir sehen werden, die Aufgabe der Irradiation.

De l'Isle hatte 1718 beobachtet, dafs der Durchmesser der Sonne desto kleiner gefunden werde, als man ihn mit längeren Fernröhren messe, und hatte keinen Anstand genommen, diese Unterschiede von der Brechbar-

keits-Aberration herzuleiten. In der That war klar, daſs diese Aberration eine Lichtkrone rings um das Bild des Gestirns erzeugen muſste, deren Breite sich dem Halbmesser dieses Bildes hinzufügte, und der daraus entspringende Fehler muſste nothwendig, desto kleiner seyn als die Brennweite des Objectivs beträchtlicher war [1]). Im J. 1743 beobachtete derselbe Astronom, bei Gelegenheit des Vorübergangs des Merkur vor der Sonne, neue Bestätigungen seiner früheren Resultate [2]). So war eine den Fernröhren inwohnende Ursache entdeckt, die zwar von der Ocular-Irradiation ganz verschieden, aber, wie sie, die hellen Gegenstände auf dunklem Grunde vergröſsern, und die dunklen Gegenstände auf hellem Grunde verkleinern muſste.

Nun fand Le Monnier, als er, bei der ringförmigen Sonnenfinsterniſs von 1748, die er, in Schottland beobachtete, den Winkeldurchmesser des auf die Sonne projicirten dunklen Mondes mehrmals mit Sorgfalt maaſs, diesen nahe dem des leuchtenden Mondes gleich, welcher sich, für denselben Augenblick, aus Halley's Tafeln ergab [3]). Von nun an entspann sich unter den Astronomen ein noch jetzt nicht ganz geschlichteter Streit über die Frage, ob die Winkeldurchmesser der auf dunklem (oder hellem) Grunde gesehenen hellen (oder dunklen) Körper geändert erscheinen oder nicht [4]). Bei diesem Streit

1) *Observations des diamètres apparens du soleil faites à Paris les années* 1718 *et* 1719 *avec des lunettes de differentes longueurs etc.* (*Mém. de l'acad. des Sc. de Paris* 1755, *p.* 145.)

2) *Extrait d'une Lettre de Mr.* De l'Isle, *écrite de Pétersbourg etc.* (*ibid.* 1743, *p.* 419.)

3) *Extrait des observations de la dernière éclipse annulaire de soleil, du* 25 *Juillet* 1748 *etc.* (*Mém. de l'acad. de Paris* 1748, *p.* 200.)

4) *Observation qui prouve que le diamètre apparent de Venus ne diminue pas sensiblement lors même qu'il est vu sur le dis-*

Streit hatte man die Ocular-Irradiation gleichsam aus dem Auge verloren und verwechselte sie oft mit der Aberration der Fernröhre. Diese Verwirrung der Ideen führte eine in den Benennungen herbei, und das Wort Irradiation hörte auf eine alleinige Bezeichnung der Gesichtserscheinung zu seyn.

Das ist der Ursprung der sonderbaren Zweifel über das Daseyn der Irradiation, die davon abhängen, dafs die Astronomen sich nicht recht klar gemacht hatten, welche Rolle die *Ocular-Irradiation* bei den mit Fernröhren angestellten Beobachtungen spielte. Ich werde späterhin auf diese Frage zurückkommen; für jetzt nehme ich den geschichtlichen Faden wieder auf.

16. Im J. 1782 machte William Herschel bei Aufsuchung eines neuen Verfahrens zur mikrometrischen Messung der Gestirne von sehr kleinem Winkeldurchmesser, wie der des von ihm entdeckten Planeten, einige interessante Beobachtungen über die Veränderungen im scheinbaren Durchmesser der mit blofsem Auge betrachteten hellen Gegenstände [1]). Ich will einen Abrifs von diesen Beobachtungen geben, weil sie den Keim einer zur Messung dieser Erscheinungen anwendbaren Methode

que lumineux du soleil. Par De la Lande (*Mém. de l'acad. de Paris* 1762 *p.* 258). — *Mémoire sur le diamètre du soleil qu'il faut employer dans le calcul des passages de Vénus. Par le même* (*ibid.* 1770 *p.* 403) — *Explications du prolongement obscur du disque de Vénus, qu'on aperçoit dans ses passages sur le soleil. Par le même* (*ibid.* 1770 *p.* 406) — Die Reihe der Abhandlungen von Dionis du Séjour *sur le calcul des éclipses, etc.* in den *Mémoires de l'academie des Sciences de Paris*, von 1764 an, besonders die Bände von 1770, 1775 und 1780. Man sehe auch dessen *Traité analytique des mouvemens apparens de corps célestes*, *Paris* 1786.

1) *On the diameter and magnitude of the Georgium sidus; with a description of the dark and lucid Disk and periphery Micrometers* (*Phil. Trans.* 1783 *pt. I*, *p.* 4.) — Man sehe auch zum Verständnifs der Beschreibung des Mikrometers den Band von 1782 *pt. I*, *p.* 163.

enthalten. Das erwähnte mikrometrische Verfahren bestand darin, das mit dem rechten Auge durch ein Newton'sches Teleskop gesehene Bild des Planeten zu vergleichen mit einer zweckmäfsig aufgestellten und beleuchteten künstlichen Scheibe, welche der Beobachter gleichzeitig geradezu mit dem linken Auge betrachtete. Herschel veränderte Gröfse, Helligkeit und Entfernung der Scheibe, bis sie ihm identisch mit dem Bilde des Planeten erschien. Bekannt mit dem Durchmesser der Scheibe und deren Abstand vom Auge, fand er die Winkelgröfse derselben, und aus der ihm auch bekannten Vergröfserungskraft des Teleskops erhielt er dann leicht den scheinbaren Durchmesser des Planeten. Die künstlichen Scheiben waren gebildet, indem er aus Pappe kreisrunde Oeffnungen schnitt und dahinter durchsichtige Papiere aufstellte und mit einer Lampe beleuchtete. Die Durchmesser gingen, durch Zehntelzolle, von zwei bis fünf Zoll. Indem nun Herschel mehre solcher Scheiben nebeneinander stellte und sie zugleich erleuchtete, fand er, dafs eine sehr geringe Erhöhung der Helligkeit einer von ihnen hinreichte, um diese von gleichem Durchmesser mit einer andern erscheinen zu lassen, die in Wirklichkeit um einen oder selbst zwei Zehntelzoll von ihr abwich [1]). Statt der vollen Scheiben wandte er auch sehr zarte Lichtringe an. Nach einigen Versuchen, auf diese Weise den Durchmesser seines Planeten zu messen, blieb Herschel überzeugt, dafs die so gefundenen Werthe zu klein seyn müfsten, weil das von der künstlichen Scheibe ausgehende Licht, *wegen des lebhaften Eindrucks, den es auf das Auge mache*, die Gröfse dieser Scheibe scheinbar vergröfsere, so dafs sie, wenn sie einen gleichen Winkel wie das im Teleskop gesehene Gestirn zu bespannen schien, in Wahrheit einen geringeren Winkel umfafste; dieses wahren Winkels bediente sich Herschel hierauf bei der Berechnung des Durchmessers seines Gestirns.

1) Die angeführte Abhandlung S. 6.

Um diese Fehlerquelle zu beseitigen und selbst zu messen, ersann **Herschel** ein sehr sinnreiches Verfahren. Ich will hier die darauf bezügliche Stelle übersetzen[1]). „Ich dachte nun, daſs wenn ein heller Kreis den umgebenden dunklen Raum übergreife, ein heller quadratischer Rand um einen dunklen Kreis seinerseits über die künstliche Scheibe weggreifen würde. Bei meinen letzten Messungen, wo der Planet mit einem Lichtringe verglichen wurde, hatte ich vollkommen beobachtet, daſs das Gestirn, welches der leuchtenden Peripherie genau gleich war, beträchtlich gröſser war, als die in dem Ringe enthaltene schwarze Fläche. Daraus schien mir eine Methode hervorzugehen, die Gröſse der durch die Helligkeit des Gegenstands verursachten Täuschung zu messen, und demzufolge eine zu dergleichen Messungen anwendbare Berichtigung zu erhalten, eine Berichtigung, die im *Mehr* seyn würde, wenn die Messung mittelst einer hellen Scheibe oder eines Lichtringes gemacht wäre, und im *Weniger*, wenn man sie mittelst einer dunklen Scheibe oder eines dunklen Ringes erhalten hätte."

16*b*. In seinem Werke über die Farben, welches 1810 erschien, stellte der berühmte **Göthe** zur Erklärung der Irradiation eine eigenthümliche Hypothese auf. Diese Hypothese eines Dichters, welcher einen Streifzug auf dem Felde der Physik macht, ist übrigens nur eine bloſse Vermuthung, und daher verweise ich den Leser, der sie zu kennen wünscht, auf das Werk selbst[2]).

17. Unser geschichtlicher Abriſs erreicht nun die gegenwärtige Zeit, und dennoch bleibt, für die Mehrheit der Astronomen und Physiker, die Frage über die Irradiation in Ungewiſsheiten eingehüllt. Man höre nur wie **Biot**, sich im J. 1811 ausdrückt[3]). „*Wenn, wie man bis jetzt*

1) Ebendaselbst S. 12.

2) Zur Farbenlehre Bd. I, §§. 5—18.

3) *Traité élémentaire d'astronomie physique, edit. 2me; T. p.* 534.

geglaubt hat, um helle Gegenstände eine Irradiation entsteht, die deren Bild etwas vergröſsert, so muſs diese Ursache auch den scheinbaren Durchmesser des Monds vergröſsern, wenn wir dieses Gestirn auf dunklem Himmelsgrund beobachten. Zwar könnte man auch den Durchmesser desselben messen, wenn er bei ringförmigen Finsternissen, vor der Sonne steht; allein da die Irradiation alsdann den ihn umgebenden Lichtring breiter macht, so muſs sie den scheinbaren Durchmesser des Mondes zu klein erscheinen lassen.“ Und weiterhin [1]), bei Gelegenheit der Frage über die Mondsatmosphäre und die Beugung der Sonnenstrahlen in dieser Atmosphäre: „Die Aufgabe kann nicht eher vollständig gelöſst werden, als bis man weiſs, was von den Wirkungen der Irradiation zu halten sey. Hr. Arago beschäftigt sich in diesem Augenblick mit ihrer Bestimmung, indem er die scheinbaren Durchmesser leuchtender Scheiben, die eine bekannte Gröſse haben und in trigonometrisch bestimmten Entfernungen aufgestellt sind, mittelst eines Bergkrystall-Mikrometers miſst. *Schon hat er gefunden, daſs Scheiben von weit gröſserer Helligkeit als der Vollmond keine merkliche Irradiation haben:* denn die Messung des scheinbaren Durchmessers stimmt genau mit dem, nach der Entfernung, berechneten Werth desselben. Dieser Versuch beweiſst, daſs man die scheinbaren Durchmesser der Himmelskörper mit Genauigkeit erhält, wenn man sie mit dem Bergkrystall-Mikrometer miſst. Unglücklicherweise erlaubt aber der scheinbare Durchmesser des Mondes, wegen seiner Gröſse, keine Messung desselben mit diesem Instrument, das nur kleine Winkel umspannen kann; man müſste also dieselben Versuche mit dem Faden-Mikrometer anstellen, und *wenn man hiedurch die Irradiation kennen gelernt*, werden die Finsternisse zeigen, ob die Inflexion merklich sey.“

18. Ungeachtet der Zweifel, welche diese Stellen

1) Ebendaselbst p. 536.

noch in Bezug auf die Irradiation enthalten, finden wir doch darin ein recht merkwürdiges Resultat. Hr. Arago, mit seiner bekannten Geschicklichkeit und versehen ohne Zweifel mit vortrefflichen Instrumenten, mifst die Winkeldurchmesser sehr heller Körper, und findet deren Werthe nicht mit der Irradiation behaftet [1]). Hr. Biot seinerseits schreibt diefs der von Hrn. Arago angewandten Art von Mikrometer zu. Nun werden wir aber weiterhin sehen, dafs in der That die Mikrometer mit doppelten Bildern diese Wirkung ausüben müssen, und dafs diese Wirkung ein besonderer Fall von einem allgemeinen Gesetz der Irradiation ist (§§. 36—40).

19. Delambre, in seiner *Astronomie théorique et pratique* (erschienen 1814) drückt sich noch zweifelhafter aus als Hr. Biot. „*Man hat vorausgesetzt* [2]), dafs die Durchmesser leuchtender Gegenstände, vermöge des lebhaften Eindrucks ihres Lichts auf das Gesichtsorgan, vergröfsert werden." Und an einer andern Stelle [3]), „*L'irradiation, si elle existe, ce dont on commence à douter, etc.*"

20. „*Man hat geglaubt zu beobachten,*" sagt der Baron v. Zach in seiner *Correspondance astronomique* [4]), „dafs um stark strahlende Körper eine Irradiation oder eine Ergiefsung des Lichts stattfinde, welche die wirklichen Scheiben derselben um etwas vergröfsere, eben so wie man bei den Mondsphasen bemerkt, dafs die leuchtende Sichel einen etwas gröfseren Durchmesser zu haben scheint als die durch das aschfarbene Licht sichtbare dunkle Scheibe."

21. Andrerseits haben mehre Astronomen und Physiker, zur selben Zeit, die Ocular-Irradiation positiv an-

1) Diese Arbeit des Hrn. Arago ist nicht veröffentlicht worden.

2) Dieses Werk T. II, chap. 26, §. 197.

3) Ibid. T. III, chap. 29, §. 12.

4) Dieses Werk Vol. IV, (1820) p. 171.

genommen. Dergleichen sind: Hassenfratz [1]), Sir J. Herschel [2]), Hr. Quetelet [3]), Brandes [4]) u. m.

22. Die Entdeckung des Achromatismus hatte längst aus den Sternwarten die ungeheuren Fernröhre verbannt, mittelst deren man die Wirkungen der chromatischen Aberration und die davon abhängenden Täuschungen schwächte. Dennoch spricht Hr. Robinson 1829 in einem Briefe an Hr. South [5]) von Beobachtungen, welche zeigen, dafs noch die heutigen Fernröhre eine Irradiation darbieten [6]), deren Gröfse in verschiedenen Instrumenten verschieden ist; und er fügt hinzu: „Selbst wenn ein Fernrohr absolut vollkommen wäre, giebt es Gründe zu glauben, dafs das Auge, welches sich dessen bedient, eine Art Irradiation erzeugen mufs, weil die Theile der Netzhaut in der Nähe derjenigen, die das Licht empfangen, eine sympathische Einwirkung erleiden." Darauf bemerkt er in einer Note, dafs der vom Auge abhängende Theil der Irradiation mit der Lichtmenge wachsen, und folglich mit der Oeffnung des Instruments und der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abnehmen müsse.

23. In einer eignen, der astronomischen Gesellschaft zu London im J. 1831 mitgetheilten Abhandlung kommt Hr. Robinson auf diesen Gegenstand zurück. Er setzt eine Reihe von Versuchen auseinander, welche den Ein-

1) *Cours de physique céleste* (1810) §. 33, *p.* 23.

2) *Traité de la lumière, traduit par Mrs.* Verhulst *et* Quetelet *T. I*, §. 697, *p.* 451, 452.

3) *Positions de physique 1me Edit.* (1829) *T. III*, *p.* 81.

4) N. Gehler's phys. Wörterbuch Bd. V (1830), S. 796.

5) *Determination of the longitude of the Armagh observatory* (*Mem. of the Astron. Soc. of London Vol. IV*, *Pt. II*, *p.* 293 (1831),

6) Ich bediene mich hier, herkömmlicherweise, des Worts *Irradiation*, um die Täuschung zu bezeichnen, die sich bei den mit Fernröhren gemachten Beobachtungen zeigt. Wo es sich insbesondere vom Auge handelt, und wo Verwirrung daraus entstehen könnte, werde ich immer *Ocular-Irradiation* sagen.

flufs der Helligkeit eines Gegenstandes auf die Gröfse der Irradiation bei den mit Fernröhren gemachten Beobachtungen erweisen. Diese Versuche bestanden in der Beobachtung einer künstlichen beleuchteten Scheibe, deren Helligkeit man erhöhen oder schwächen konnte, und deren Winkelbreite unter diesen Umständen mittelst eines Mikrometers gemessen wurde. Die Scheibe war gebildet durch eine im Brennpunkt eines Objectivs angebrachte Metallplatte mit einem kleinen kreisrunden Loch darin, hinter welchem die Flamme einer Lampe stand, die von dem Beobachter durch ein auf der andern Seite des Objectivs befindliches Fernrohr betrachtet wurde. Diefs Verfahren ersetzte einen reellen Gegenstand durch ein virtuelles unendlich entferntes Bild, welches sonach die Rolle eines Gestirnes spielte. Hr. Robison ist der Meinung, dafs die bei seinen Versuchen angewandten Objective und Fernröhre nur eine sehr schwache Aberration erzeugten, und betrachtet daher die von ihm beobachteten Erscheinungen als hauptsächlich von der Ocular-Irradiation herrührend. Anfangs brachte er zwischen der Lampe und Metallplatte ein Stück geöltes Papier an, um die Helligkeit der künstlichen Scheibe bedeutend zu schwächen, setzte dann die Mikrometerfäden in Berührung mit der Scheibe und maafs ihre Winkelbreite. Als er darauf das geölte Papier fortnahm, sah er die Scheibe über die Fäden hinwegragen; er brachte nun diese wieder zur Berührung und konnte sonach den aus der vermehrten Helligkeit entsprungenen Zuwachs des Durchmessers messen. Die Hälfte dieser Gröfse stellte die Dicke des Lichtringes vor, der aus dem Unterschiede der Irradiation der Scheibe in ihren beiden Helligkeitsgraden entsprang.

Mehre Versuchsreihen mit verschiedenen Instrumenten und mehr oder weniger grofsen Scheiben gaben für den Ueberschufs des scheinbaren Durchmessers, der dem

1) *On Irradiation* (*Mem. of the Royal Astr. Soc. of London Vol. V, p.* 1.)

Maximum der Helligkeit entsprach, über den, der dem *Minimum* angehörte, Resultate, deren Mittel von 3″,37 bis 5″,33 gingen; daraus ergaben sich für den Ueberschuſs der Irradiation Werthe von 1″,68 bis 2″,66.

Bei einem seiner Versuche, wo Hr. Robinson statt des Fadenmikrometers ein Objectivmikrometer genommen hatte, gewahrte er bei Vermehrung oder Verringerung der Helligkeit keine Veränderung in dem Contact der beiden Bilder; ein Resultat, das mit dem von Hrn. Arago mittelst eines Bergkrystall-Mikrometers erhaltenen übereinstimmt. Hr. Robinson drückt sich hierüber folgendermaſsen aus: „Es war dieſs übrigens eine in der Eile gemachte Beobachtung, die zu wiederholen ich noch nicht Zeit gehabt. Wenn ich keinen Fehler begangen habe, so beweiſst diese Beobachtung, daſs die Irradiation gänzlich im *Auge* lag, denn eine sympathische Wirkung von einem der beiden Bilder auf die angränzenden und schon von dem andern Bilde erregten Theile der Netzhaut konnte hier nicht stattfinden." — Ich werde weiterhin (§. 92) auf diese Idee des Hrn. Robinson zurückkommen.

Bei einem andern Versuch, wo Hr. Robinson das Gesichtsfeld des Fernrohrs erleuchtet hatte, fand er, daſs dieſs merklich auf die scheinbaren Dimensionen der Scheibe einwirkte, sobald diese ihre geringste Helligkeit hatte; denn wenn er jenes Seitenlicht fortnahm, vergröſserte sich die Scheibe augenscheinlich. Diese Wirkung fand nicht mehr statt, wenn die Scheibe ihre gröſste Helligkeit besaſs, ohne Zweifel, wie auch Hr. Robinson bemerkt, wegen der geringen Intensität der Seitenbeleuchtung.

Am Schlusse seiner Abhandlung schlägt der Verfasser den Astronomen ein sinnreiches Verfahren vor, um den Einfluſs der Ocular-Irradiation sichtbar zu machen, wenn man Sonne oder Mond mittelst eines Fernrohrs beobachtet. Dieſs Verfahren besteht darin, durch das Gestirn selbst eine bedeutende Seitenbeleuchtung hervor-

zubringen. Zu dem Ende stellt Hr. Robinson vor das Objectiv ein halbdurchsichtiges Diaphragma, durch dessen Oeffnung die das Bild formenden Strahlen gehen, während der Rest dazu dient, zerstreutes Licht über das Gesichtsfeld des Instruments auszubreiten. Hr. Robinson erwähnt zu Gunsten dieses Verfahrens einiger Beobachtungen, gemacht von ihm mit Diaphragmen von geöltem Papier und mattgeschliffenem Glase, deren Oeffnungen ungefähr ein Drittel der Fläche des Objectivs einnahmen.

24. Wenn ich die chronologische Ordnung befolgen wollte, müfste ich nun von einer neuen Theorie der Ocular-Irradiation sprechen, die 1831 ein amerikanischer Gelehrter aufstellte; allein ich werde weiterhin auf sie zurückkommen, und hier zuvörderst, um das, was die Erörterung über das Daseyn der Irradiation betrifft, zu schliefsen, den Versuchen des Hrn. Robinson die von Hrn. Bessel beim Vorübergang des Mercurs vor der Sonne im J. 1832 gemachten Beobachtungen folgen lassen [1]).

Bei den Beobachtungen einer Erscheinung dieser Art mufs die Irradiation, liege sie nun im Auge oder im Fernrohr oder zugleich in beiden, einerseits den Durchmesser der Sonne vergröfsern, und andrerseits den des Planeten verkleinern. Im Augenblick indefs, wo der Planet, nachdem er die Sonnenscheibe durchwandert hat, sich deren Umrifs nähert, um auszutreten, wo ein wirklicher Contact zwischen den Rändern beider Gestirne sich einstellt, müssen die Wirkungen der Irradiation an dem Berührungspunkte plötzlich verschwinden; denn dieser Punkt hört dann auf, dem Beobachter Licht zuzusenden. In diesem Augenblick stehen aber die *scheinbaren* Ränder beider Gestirne offenbar noch um eine Gröfse auseinander, die gleich ist der Summe der Dicken beider Lichtringe, des äufseren der wahren Sonnenscheibe und des innern der Planetenscheibe. Daraus folgt, dafs

1) Astronom. Nachrichten Nr. 228, S. 187.

wenn in diesem Falle die Irradiation sich in merklicher Weise äufsert, die Person, welche die Annäherung des zweiten inneren Contact beobachtet, den Lichtfaden, welcher die scheinbaren Ränder beider Gestirne trennt, noch wenn er einige Dicke hat, wird augenblicklich zerreifsen sehen müssen, wie wenn sich plötzlich auf dem Rand des Planeten ein Vorsprung bildete und einen kleinen Theil des Sonnenrandes versteckte. Es ist übrigens klar, dafs analoge Erscheinungen, nur in umgekehrter Ordnung, sich zeigen müssen, wenn der Planet eintritt, zur Zeit des ersten inneren Contact, d. h. dafs der Planet hinter sich einen kleinen Vorsprung zeigen mufs, welcher plötzlich verschwindet, unmittelbar nach dem wirklichen Contact, um einem zusammenhängenden Lichtfaden von beträchtlicher Breite Platz zu machen. In der That sind dergleichen Erscheinungen von den Astronomen des verflossenen Jahrhunderts bei den Vorübergängen der Venus beobachtet worden.

Nun hat Hr. Bessel als er mit dem grofsen Heliometer der Königsberger Sternwarte den Mercur beobachtete, weder beim Eintritt, noch beim Austritt desselben, irgend etwas ähnliches gesehen. Der Lichtfaden, welcher die Ränder beider Gestirne nach gänzlichem Eintritt trennte, bildete sich ganz regelmäfsig, und zeigte anfangs eine kaum sichtbare Breite; dieselbe Regelmäfsigkeit zeigte sich beim Austritt. Alles geschah demnach so, wie im Fall einer gänzlichen Abwesenheit der Irradiation.

Hr. Bessel hat das Phänomen einer anderen Probe unterworfen. Da die Zeitpunkte der Bildung und der Zerreifsung der Lichtfäden die der wahren inneren Berührungen sind, was für einen Werth die Irradiation auch haben mag, so wird man den Zeitraum, welcher diese beiden wahren Berührungen trennt, bestimmen, und nach dieser Dauer den wahren, von der Irradiation befreiten Winkeldurchmesser der Sonne berechnen können. Mifst man also überdiefs während des Vorübergangs und mit

dem nämlichen Fernrohr direct den Durchmesser der Sonne mit Hülfe des Mikrometers, so wird man die beiden erhaltenen Werthe vergleichen, und daraus den der Irradiation unter denselben Umständen ableiten können. Das hat nun Hr. Bessel gethan, und dieser Vergleich hat ihm keinen wahrnehmbaren Werth für die Irradiation gegeben.

„Vergleicht man," sagt dieser Astronom, „die Beschreibungen, welche die vorzüglichsten Beobachter der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 von den Erscheinungen, die ihnen die inneren Berührungen der Ränder darboten, gegeben haben, so kann man nicht zweifeln, dafs für sie die Sonne wirklich durch die Irradiation vergröfsert war. Man mufs also annehmen, dafs es Fernröhre giebt, welche die Sonne durch einen Irradiations-Effect vergröfsern, und andere, die sie in ihrer wahren Gröfse sehen lassen. Das Heliometer, dessen ich mich bediente, gehört zu dieser letzteren Klasse."

25. Ich habe jetzt nur noch einer Theorie zu erwähnen, die man zur Erklärung der Ocular-Irradiation aufgestellt hat. Ihr Urheber ist Hr. Joslin, Professor zu New-York. „Jedermann," sagt er, „wird das strahlende Ansehen der Sterne und der Flamme einer entfernten Lampe oder Kerze beobachtet haben. Als ich diese Gegenstände aufmerksam untersuchte, bemerkte ich, dafs drei dieser Strahlen weit ansehnlicher waren als die übrigen, dafs sie gleichen Abstand hatten, und dafs einer von ihnen senkrecht von unten in die Höhe gerichtet war." Aus diesen Beobachtungen und einigen besonderen Versuchen leitet Hr. Joslin folgendes Gesetz ab: *Es giebt für jedes Individuum bestimmte Richtungen von Irradiations-Maximis; bei einer Person von gewöhnlichem Gesicht sind diese Richtungen, drei an der Zahl, von gleichem Winkelabstand, und folglich von hundert und zwanzig Graden oder einem Drittel des Kreisumfangs. Bei gerader Stellung des Kopfes steigt die eine in der senkrech-*

ten Gesichtsebene, die durch den Mittelpunkt des hellen Gegenstandes geht, geradezu in die Höhe, und die beiden andern steigen in Gesichtsebenen, die mit der ersteren und unter sich respective Winkel von 120 *Grad machen, schief herab. Die Abnahmen der Vergröſserung in den übrigen Richtungen sind beinahe symmetrisch und gleich in Bezug auf diese drei Richtungen, und die scheinbare Gestalt des Gegenstandes nähert sich mehr und mehr der eines gleichseitigen Dreiecks, je nach Helligkeit, Entfernung und Gröſse des Gegenstandes.*

Der Hauptversuch des Hrn. Joslin besteht darin, daſs man vor der Flamme einer Kerze eine Metallplatte mit mehren kreisrunden Oeffnungen von verschiedener Gröſse aufstellt, diese nach Belieben eine nach der andern genau vor die Flamme bringt, und darauf den so entstandenen kreisrunden hellen Gegenstand aus einer gewissen Entfernung betrachtet. Die Platte wird überdieſs mittelst einer zweiten Kerze von vorne beleuchtet, um die Netzhaut für die kleinen unregelmäſsigen Radiationen unempfindlich zu machen. „Aus einer Entfernung von fünf bis funfzehn Fuſs, sagt der Verfasser, erschien der in Wahrheit kreisrunde Gegenstand als ein gleichseitiges Dreieck, dessen Umrisse sehr gut begränzt waren . . . Ein Anwuchs in der Gröſse des Gegenstandes vergröſserte die Entfernung, welche zum deutlichen Erscheinen des Dreiecks nothwendig war. Mit einem Gegenstande von einem Zehntelzoll im Durchmesser, erscheint es am deutlichsten bei sechs bis acht Fuſs Entfernung, mit einem Gegenstande von einem Fünftelzoll bei zwölf oder funfzehn Fuſs."

Der Verfasser stellte auch einen kreisrunden dunklen Gegenstand vor der Flamme auf, so daſs sie unten und oben über ihn vorragte, und er beobachtete Erscheinungen, die mit dem vorhin genannten allgemeinen Gesetz übereinstimmten. Alle Erscheinungen folgten über-

diefs den Veränderunggn in der Lage des Kopfs des Beobachters.

„Nachdem ich die meisten der vorstehenden Versuche gemacht hatte," sagt Hr. Joslin, „überraschte mich zuvörderst die Coincidenz dieser Ausbreitung heller Gegenstände nach drei gleich-abständigen Richtungen mit den drei gleich-abständigen Faserbündeln und den drei ebenfalls gleich-abständigen gestrahlten Linien, die man, wie Dr. Thomas Young in seinen *Observations on Vision* gezeigt hat, auf der Vorderfläche der Kristalllinse des Ochsen bemerkt." Hr. Joslin führt hier die von Young über die Struktur der Kristalllinse des Ochsen gegebenen Details an, und fährt dann fort; „Young setzt hinzu: *Ich habe noch nicht Gelegenheit gehabt die Kristalllinse des Menschen zu untersuchen; allein aus der Leichtigkeit, mit der sie sich in drei Theile zerfällen läfst, können wir schliefsen, dafs sie der des Ochsen ähnlich sey.* Es schien mir, als hätte ich den Faden, der mich zur Ursache der Erscheinung führen müfste, gefunden in einer Struktur, die darauf berechnet schien, eine symmetrische Wirkung in Bezug auf drei gleich-abständige Strahlen der Kristalllinse zu erzeugen, einer Struktur, die in keinem andern Theil des Gesichtsorgans etwas Analoges zu haben schien."

Mithin ist, nach Hrn. Joslin, die Irradiation kein Phänomen der Empfindung, sondern ein Effect der Refraction, herrührend von einer Wirkung, welche die Kristalllinse auf die durch sie gehenden Lichtstrahlen ausübt. Der Verfasser setzt aber nicht näher auseinander, wie er sich diese Wirkung denkt, allein er kündigt eine neue Arbeit an, in welcher er die Versuche beibringen will, die ihn zu neuen Principien, wie die folgenden, geführt haben: *die Irradiation wird unmittelbar und hauptsächlich von der Kristalllinse erzeugt, aber von der Iris abgeändert. Die Theile in der Mitte und an den Sei-*

schwarz auf weifsem Grund. Um sich dieses Apparats zu bedienen, stelle man ihn neben einem Fenster senkrecht auf, so, dafs er wohl beleuchtet sey, und entferne sich nun auf vier bis fünf Meter. Alsdann wird der weifse Streifen *khbd* beträchtlich breiter erscheinen als der schwarze Streifen darüber, und dieser scheinbare Unterschied wird mit der Entfernung zunehmen [1]). Man begreift, dafs der Apparat so construirt ist, um den Effect der Irradiation zu vergröfsern. Denn, wenn einerseits der weifse Streifen scheinbar breiter wird, nimmt dagegen der schwarze, durch die Irradiation der weifsen Felder zur Seite, an Breite ab. Noch augenfälliger kann man die Erscheinung machen, wenn man die Felder, welche im erwähnten Apparat weifs gelassen sind, nämlich den Streifen *khbd* und die Rechtecke *mckf* und *angh*, ausschneidet, darauf den Apparat an einer der oberen Scheiben eines Fensters befestigt, so dafs man durch ihn nach dem Himmel sehen kann. Hiedurch erhalten die hellen Theile weit mehr Glanz, und die dunklen eine weit gröfsere Schwärze, was dann die Intensität des Phänomens erhöht. Man mufs sich hiezu einer dünnen Pappe bedienen und sie recht undurchsichtig schwarz bemalen. Bristolpapier z. B. pafst hiezu, so wie zur Construction des vorgenannten Apparats, vortrefflich.

Die Irradiation bei blofsem Auge mufs demnach als eine der Gesichtserscheinungen betrachtet werden, die am besten festgestellt, und am leichtesten nachzuweisen ist. Nur ist ihre Intensität nicht gleich bei verschiedenen Augen, und selbst veränderlich bei demselben Individuum; bis-

1) Für diesen Versuch, so wie für die Beobachtung der Mondsichel setze ich voraus, dafs man ferne Gegenstände deutlich sehe, d. h. ein normales Gesicht habe oder fernsichtig sey. Was kurzsichtige Personen betrifft, so ist klar, dafs der Gegenstand aufserhalb der Gränze ihres deutlichen Sehens liegen, und für sie also der Effect zusammengesetzt seyn würde. Solche Personen müssen sich für diese Versuche concaver Brillen bedienen.

bisher habe ich aber noch Niemand gefunden, der sie nicht hätte mehr oder weniger deutlich beobachten können. Auch haben die Ungewifsheiten, welche die Aufgabe verwickelt machten, ihren Ursprung in den mit astronomischen Fernröhren gemachten Beobachtungen, und unter diesem Gesichtspunkt wollen wir uns jetzt mit letzteren beschäftigen.

29. Unter diesen Umständen besteht die Irradiation, wie es Hr. Robinson sehr wohl eingesehen (§§. 22, 23), aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen: dem, der von der Aberration der Instrumente herrührt, und dem, der in dem Auge des Beobachters selbst seinen Ursprung hat. Sehen wir von dem ersteren ab, oder, anders gesagt, setzen wir ein von jeder Aberration freies Fernrohr voraus, so dafs die Täuschungen nur allein von der Ocular-Irradiation herrühren können. Wir werden weiter hin (§. 103) sehen, dafs diese letztere scheint wesentlich von dem Ocular des Instruments abgeändert werden zu müssen; allein, um die Umstände der Aufgabe zu vereinfachen, werde ich auch von diesem Einflufs absehen, und für jetzt die Ocular-Irradiation als ganz unabhängig von dem Fernrohr betrachten. Endlich werde ich für den Augenblick annehmen, die Helligkeit des durch das Fernrohr gesehenen Bildes bleibe constant, was für eine Vergröfserung man auch anwende.

Ich sage nun, dafs, unter diesen vereinigten Umständen, der aus der Irradiation entspringende Fehler der Beobachtung sich umgekehrt wie die Vergröfserung verhält. In der That ist einleuchtend, dafs die blofsen Veränderungen im Winkeldurchmesser des durch das Fernrohr gesehenen Bildes die Dicke des Lichtringes, welche die Ocular-Irradiation dem äufsern Umrifs dieses Bildes hinzufügt, nicht werden verändern können. Unter den rein hypothetischen Umständen, in welche wir uns versetzt haben, wird also die Winkelbreite des Irradiationsringes gleichbleiben, während der Winkeldurchmesser des durch

das Fernrohr gesehenen Bildes sich verändert. Sey nun G die Vergröfserung, D der halbe Winkeldurchmesser des durch das Fernrohr gesehenen Gegenstandes, ohne die Winkelbreite der Irradiationsbreite mitzubegreifen, und i diese Breite. Dann wird der wahre Winkelhalbmesser des Gestirns offenbar seyn: $\frac{D}{G}$ und der, den man aus der Messung mit den Mikrometerfäden ableitet: $\frac{D+i}{G}$. Der Fehler wird also: $\frac{D+i}{G} - \frac{D}{G} = \frac{i}{G}$. Da nun i constant ist, so sieht man, wie ich sagte, dafs der Fehler im umgekehrten Verhältnifs der Vergröfserung steht.

Gesetzt z. B., es handle sich um den Mond, und dieser erzeuge in dem Auge des Beobachters eine Irradiation, gleich der, welche bei Gassendi in den §. 11 erwähnten Beobachtungen stattfand. Berücksichtigt man weder die Wirkung des Oculars des Fernrohrs, noch die Unterschiede in der Helligkeit des Bildes und des mit blofsem Auge gesehenen Mondes, so würde also $i = 2',5$. Folglich wäre der Fehler, vermöge der Irradiation, für eine 50malige Vergröfserung, gleich $\frac{2',5}{50} = 3''$, für eine 100malige nur 1",5, und für eine 300malige gar nur 0",5.

30. Eine der Voraussetzungen, die wir gemacht, um zu vorstehendem Gesetz zu gelangen, kann beinahe verwirklicht werden: es giebt heut zu Tage so vollkommne Fernröhre, dafs die Aberrationen darin zu vernachlässigen sind.

Anlangend die Wirkung, welche das Ocular des Instruments auf die Irradiation ausübt, so scheint sie, wie wir weiterhin sehen werden (§§. 97—104), solcher Art zu seyn, dafs sie, in allen Fällen, diese Irradiation bedeutend verringert, und das um so mehr, als das Ocular

kräftiger ist. Diese Wirkung ist also ganz zum Vortheil der Beobachtungen.

Endlich weifs man, dafs die Helligkeit des Bildes nothwendigerweise veränderlich ist. Bei demselben Fernrohr nimmt sie ab, wenn die Vergröfserung wächst, und bei derselben Vergröfserung ist sie ungleich in verschiedenen Fernröhren. Da nun die Breite *i* des Irradiationsringes wesentlich von dieser Helligkeit abhängt (§§. 10, 16, 23), so variirt also der Werth von *i*, vermöge dieser Ursache, sowohl mit der Vergröfserung als mit den angewandten Fernröhren. Bei starken Vergröfserungen ist übrigens die Helligkeit des Bildes gewöhnlich weit geringer als die, mit der sich das Gestirn für die Beobachtung mit blofsem Auge darbietet, so dafs allein dadurch der Werth von *i* auch geringer als im letzteren Falle wird.

31. Aus allem diesem folgt, dafs das vorhin gefundene Gesetz bei weitem nicht genau ist. Ich habe es nur gegeben, damit man sich eine erste Idee bilden könne von der Art, wie die Fernröhre den Fehler, welchen die Ocular-Irradiation in die Beobachtung der Gestirne einzuführen strebt, vermindern. In Wirklichkeit, wie man so eben gesehen, wirken diese Instrumente auf dreierlei Weise: 1) durch die Vergröfserung an sich, indem sie den Winkelhalbmesser des Bildes vergröfsern, ohne die Winkelbreite der Irradiationszone zu vergröfsern; 2) durch Schwächung des Lichts, woraus eine Verringerung in der Breite dieser kleinen Zone hervorgeht; 3) durch eine besondere Wirkung des Oculars, welche in derselben Breite eine andere Verringerung herbeiführt, die scheint, bei einem nämlichen Fernrohr, desto beträchtlicher seyn zu müssen, als die Vergröfserung stärker ist.

Die Schätzungen, zu welchen wir im §. 29 geführt wurden, unter Voraussetzung einer gleichen Irradiation, wie Gassendi erfuhr, sind also viel zu hoch. Denn selbst wenn das Fernrohr so beschaffen wäre, dafs es

für schwache Vergröſserungen ein Bild von gröſserer Helligkeit gäbe, wie das Gestirn dem bloſsen Auge darbietet, würde die Wirkung des Oculars den kleinen Anwuchs, der aus dieser Helligkeitsvermehrung in dem Werthe von i hervorginge (§§. 97—100), mehr als compensiren. Besonders aber sind besagte Schätzungen für starke Vergröſserungen herabzusetzen, denn dann gehen die beiden Ursachen, welche auf den Werth von i einwirken, in gleichem Sinn; beide tragen dazu bei, diesen Werth und folglich den Fehler wegen der Ocular-Irradiation zu vermindern.

Da nun der Betrag dieser Ocular-Irradiation nach den Individuen und nach dem Befinden der Augen verschieden ist (§§. 53, 77, 79, 87—89), und die aus Gassendi's Beobachtungen gefolgerten Werthe, wie man weiterhin (§. 89) sehen wird, sich auf eine sehr starke Irradiation beziehen, so wird das Phänomen in den meisten Fällen weit weniger entfaltet seyn, der Fehler also noch weit geringer werden.

Unter den günstigsten Umständen, d. h. bei einer starken Vergröſserung, die dem Bilde keine zu groſse Helligkeit läſst, und bei einem für die Irradiation wenig empfindlichen Auge, begreift man, daſs der aus dieser letzteren entspringende Fehler ganz unmerklich werden kann.

32. Schreiten wir jetzt zum zweiten Element des gesammten Fehlers, d. h. zu dem, der aus Unvollkommenheiten der Fernröhre selbst entspringt. Wir vernachlässigen hier, als zu wenig merkbar, die vom Ocular bewirkten Aberrationen. Was die vom Objectiv herrührenden betrifft, so kann der Winkel, unter welchem man die kleine Zone sieht, die sie dem äuſseren Umriſs des Bildes hinzufügen, bei einem und demselben Fernrohr, als proportional der Vergröſserung angesehen werden. In der That müssen in diesem Fall die Veränderungen der Vergröſserungen, da sie nur von Verände-

rungen des Oculars herrühren, sich gleichmäſsig auf alles erstrecken, was das im Brennpunkte des Objectivs gebildete Bild zusammensetzt, folglich, auf die kleine Irradiationszone, wie auf das Uebrige. Verdoppelt man z. B. die Vergröſserung, so wird auch der Winkel, unter welchem der Beobachter die Breite dieser kleinen Zone sieht, verdoppelt seyn, so gut wie der, unter welchem er den Rest des Bildes sieht. Wir können also die Winkelbreite der besagten kleinen Zone durch aG vorstellen, wenn G die Vergröſserung bezeichnet, und a ein Coëfficient ist, der für ein und dasselbe Fernrohr constant ist, aber von einem Instrument zum andern variirt [1]). Sehen wir für einen Augenblick nun ab von der Ocular-Irradiation, und bezeichnen noch mit D den Winkelhalbmesser des in dem Fernrohr gesehenen Bildes, ohne die Winkelbreite des Irradiationsringes darin mitzubegreifen, so wird der wahre Winkelhalbmesser des Gestirns noch seyn: $\frac{D}{G}$, und der aus der mikrometrischen Messung abgeleitete: $\frac{D+aG}{G}$. Der Fehler wegen der Aberration wird also: $\frac{D+aG}{G}-\frac{D}{G}=a$. Und dieser Fehler wird für ein und dasselbe Fernrohr constant und von der Vergröſserung unabhängig seyn.

Der gesammte Fehler, d. h. der zugleich aus der Ocular-Irradiation und den Aberrationen des Fernrohrs

1) Sobald man durch eine bedeutende Vergröſserung die scheinbare Winkelbreite des Aberrationsringes sehr vermehrt, und zugleich die Intensität des Lichts beträchtlich verringert hat, ist es freilich möglich, daſs die äuſsere Gränze dieses Ringes, die in einem mittelmäſsigen Fernrohr nicht scharf seyn kann, zu schwach erleuchtet wäre, um noch wahrgenommen zu werden. Ich glaube jedoch, daſs der Unterschied klein seyn müsse, und fahre daher fort, die Gröſse a als constant zu betrachten. Wenn sie es übrigens in gewissen Fällen nicht ganz ist, so kann der Unterschied nur der Beobachtung zum Vortheil gereichen.

entspringende, wird also aus zwei ganz verschiedenen Theilen bestehen, einem, der mit der Vergröfserung, der Helligkeit des Bildes, der Beschaffenheit und dem Befinden des Auges veränderlich ist, und einem andern, der von diesen Umständen unabhängig und sich nur mit der Vollkommenheit des Instruments verändert.

33. Nichts ist nun leichter als die Abweichungen zwischen den Resultaten der Beobachtungen der Astronomen zu erklären und nachzuweisen, wie die Zweifel aus diesen Abweichungen entsprangen. Da der gesammte Fehler zugleich von der Vergröfserung an sich, von der Helligkeit des Bildes, von der Natur und dem Befinden des Auges, und von der Vollkommenheit des Instruments, also von wesentlich veränderlichen Gröfsen abhängt, so sieht man, dafs dieser Gesammtfehler unter gewissen Umständen ganz unmerklich, und unter andern beträchtlich seyn könne. Die günstigsten Umstände sind: ein Fernrohr von der Vortrefflichkeit der heutigen, eine starke Vergröfserung, eine mäfsige Helligkeit des Bildes, und endlich ein für die Irradiation wenig empfindliches Auge. Die ungünstigsten Umstände sind dagegen: ein mittelmäfsiges Fernrohr, eine schwache Vergröfserung, grofse Helligkeit und ein zur Irradiation sehr geneigtes Auge.

34. Bei den Beobachtungen der Sonne wird a oder der aus den Aberrationen des Fernrohrs entspringende Theil des Fehlers nothwendig durch Einschiebung eines rothen Glases verringert, weil diefs, indem es nur ein mehr oder weniger der Homogenität nahe kommendes Licht durchläfst, die Wirkungen der chromatischen Aberration zu zerstören beiträgt.

Es ist nicht zu bezweifeln, dafs nicht, in einem der heutigen vortrefflichen Fernröhre, der Werth von a so klein werden könne, dafs er zu vernachlässigen sey, und um so mehr wird diefs bei den zu Sonnenbeobachtungen bestimmten Instrumenten der Fall seyn. Durch diese Betrachtungen erklären sich leicht die von Hrn. Bessel

erhaltenen Resultate (§. 24). Das von diesem Astronomen angewandte Heliometer ist ein Instrument von großer Vollkommenheit [1]), und da es sich überdieſs um die Sonne handelt, können wir annehmen, daſs der von den Aberrationen abhängige Theil der Täuschung ganz unmerklich war. Ueberdieſs konnte das rothe Bild keinen bedeutenden Glanz haben, denn ein Gegenstand von dieser Farbe und von einem Glanze, wie das Mondsbild würde gewiſs die Augen geblendet haben, und man giebt den zu Sonnenbeobachtungen bestimmten Gläsern einen solchen Grad von Tiefe, daſs dieser Uebelstand vermieden wird. Endlich hat Hr. Bessel bei diesen Beobachtungen eine starke Vergröſserung, d. h. eine 290-malige, angewandt; man braucht also nur noch vorauszusetzen, daſs die Augen dieses Astronomen wenig zur Irradiation geneigt seyen, um alle günstigsten Bedingungen vereint zu finden. Man begreift demnach leicht, warum die sonderbaren Erscheinungen, welche bei dergleichen Beobachtungen durch die in Rede stehenden Fehlerquellen erzeugt werden, sich Hrn. Bessel nicht gezeigt haben. Hätte dieser Astronom eine schwächere Vergröſserung angewandt, so würden diese Erscheinungen mehr oder weniger deutlich eingetreten seyn, und in der That ist dieſs Hrn. Argelander begegnet, der gleichzeitig mit einem kleinen Fraunhofer'schen Fernrohr von 90maliger Vergröſserung beobachtete.

Anlangend das noch genauere Resultat des von Hrn. Bessel gemachten Vergleichs zwischen dem Werth des direct gemessenen Sonnendurchmessers und dem aus der Dauer des Durchgangs abgeleiteten Werth, so ist dabei eine andere Ursache hinzugetreten, um den Einfluſs der Irradiation gänzlich zu entfernen. Mit dieser wollen wir uns sogleich beschäftigen.

35. Aus §§. 17, 23 und 24 kann man ersehen, daſs

1) *Biblioth. universelle T. XLVII, p.* 1. (Astron. Nachricht No. 189, S 397.)

allemal, wo man versuchte, die Irradiation durch Mikrometer mit doppelten Bildern zu messen, kein merklicher Werth für sie gefunden wurde, und dafs sie selbst in einem Falle, wo das Fadenmikrometer sie in beträchtlichem Maafse erblicken liefs, durch Mikrometer mit doppelten Bildern verschwand. Versuche, die ich sogleich beschreiben will, werden diese sonderbare Thatsache begreiflich, oder wenigstens von dem allgemeinen Gesetz der Irradiation abhängig machen.

Zuvörderst scheint es mir aber nöthig, über die Ursachen, welche bei so zarten Erscheinungen, wie die in diesem Aufsatz verhandelten, die Sicherheit der Beobachtungs-Ergebnisse verringern könnten, einige Betrachtungen voranzuschicken und zugleich die Vorsichtsmaafsregeln anzugeben, welche ich beständig getroffen, um diese Fehlerquellen zu vermeiden. Da die Erscheinungen der Irradiation im Auge selbst ihren Sitz, und immer eine geringe Gröfse haben, so könnte man zunächst fürchten, dafs der Beobachter sich durch eine vorgefafste Idee in seinem Urtheil leiten liefse. Andererseits wäre es möglich, dafs die Erscheinung, die sich ihm zeigt, von der besonderen Beschaffenheit seiner Augen abhinge und nicht als eine allgemeine Thatsache betrachtet werden könnte. Um sich gegen diese Unsicherheiten zu schützen, bietet sich das Hülfsmittel dar, dieselben Versuche von anderen Personen machen zu lassen, und zwar von unterrichteten Personen, die am Beobachten von Natur-Erscheinungen gewöhnt sind. Die Personen, die mich zu unterstützen die Güte hatten, und diese Versuche entweder insgesammt oder zum Theil wiederholten, sind: Hr. Quetelet, Direktor der Sternwarte zu Brüssel, Hr. Burggraeve, Professor der Anatomie, Hr. Bommart, Prof. der Bauwissenschaften, Hr. Cantraine, Prof. der Zoologie, Hr. Mareska, Prof. der Chemie, Hr. Manderlier, Prof. der Mathematik, sämmtlich an der Universität zu Gent, Hr. Dupré, Prof. der Physik, und Hr. Le François,

Prof. der Mechanik, beide an der Gewerbschule daselbst, Hr. Jacquemyns, Prof. der Physik am Athenaeo daselbst, und Hr. Moke, Doctor der Medicin. Ich muſs hinzufügen, daſs ich, da die meisten meiner Apparate aus der Ferne beobachtet werden muſsten, zu den Versuchen mit ihnen eine Bedingung mehr bei der Auswahl der Personen zu erfüllen hatte, nämlich nur solche wählen durfte, die ein gutes Gesicht hatten oder wenigstens nicht kurzsichtig waren. Kurzsichtige Augen können freilich entfernte Gegenstände deutlich sehen, wenn sie concave Brillen gebrauchen; allein dann sind die Erscheinungen nicht mehr mit bloſsem Auge zu beobachten, und wir werden weiterhin (§§. 97—104) sehen, daſs Linsen vor das Auge gebracht, auf die Irradiation eine eigenthümliche Wirkung ausüben. Um endlich meinen Resultaten alle mögliche Bürgschaft zu geben, habe ich mich immer gehütet, die Personen von dem, was sie bei der Beobachtung sehen würden, vorher zu unterrichten, und, wenn ich sie später nach dem Gesehenen fragte, trug ich groſse Sorge, ihnen nichts zu sagen, was ihr Urtheil hätte mehr nach der einen, als nach der andern Seite hinlenken können.

Das ist der Gang, den ich bei allen meinen Versuchen befolgt habe, und auf den ich weiterhin in dieser Abhandlung wieder zurückkommen werde. Zuvor will ich aber noch eine Bemerkung machen.

Die Hauptwirkung der Irradiation bei bloſsem Auge, nämlich die scheinbare Vergröſserung eines hellen Gegenstandes auf dunklem Grunde, kann allen Personen wahrnehmbar gemacht werden; wenigstens habe ich, wie gesagt, bisher keine angetroffen, die sie nicht hätte mehr oder weniger deutlich sehen können. Allein da die Intensität des Phänomens sehr ungleich ist bei verschiedenen Individuen, und sich bei gewissen Personen sehr gering erweist, so können diese letzteren von dem Phänomen nur einige der seine Gesetze ausmachenden Abän-

derungen wahrnehmen, oder über dieselben nur ein mehr oder weniger ungewisses Urtheil erlangen; denn da für solche Personen schon der Haupt-Effect nur gering ist, so müssen die Abänderungen desselben nothwendig auch sehr klein, und folglich schwer gut wahrzunehmen seyn. Die Ausnahmen, welche die Resultate der vergleichenden Versuche bisweilen zeigen können, haben demnach eine geringere Bedeutung, wenn sie bei Personen vorkommen, deren Augen von der Art sind, daſs sie den Haupt-Effect nur wenig deutlich sehen. Ich werde, bei Angabe der Resultate meiner Versuche, sorgfältig bemerken, ob eine Ausnahme stattfand, und zu welcher Kategorie die Augen gehörten, bei denen sie sich zeigte.

36. Ich schreite jetzt zu den oben erwähnten Versuchen. Auf ein Stück weiſser Pappe, von gleichen Dimensionen mit den §. 28 angeführten, ziehe man am Lineal eine etwa 0,5 Millimeter dicke schwarze Linie von *a* nach *b* (Fig. 4, Taf. III), und streiche nun das Rechteck *cbgd* schwarz an; es wird dann die Seite *bc* dieses schwarzen Rechtecks mit der linken Gränze des kleinen schwarzen Streifens *cafh* eine stete Gerade bilden. Nun stelle man die Pappe nahe an ein Fenster, und entferne sich um einige Meter; dann scheint diese Stetigkeit nicht mehr statt zu finden; vielmehr scheint die Seite *cb* des schwarzen Rechtecks um eine sehr merkliche Gröſse gegen *dg* vorgeschoben, so daſs der kleine schwarze Streifen einen Vorsprung gegen sie macht, wie es Fig. 5, Taf. III vorstellt [1]). Daraus folgt, daſs der weiſse Raum *qcbn* (Fig. 4, Taf. III) vermöge seiner Irradiation mehr über das schwarze Rechteck weggreift, als der weiſse Raum *macq* über den kleinen schwarzen Streifen. Dieser Unterschied muſs nothwendig der Gegenwart des weiſsen Raums *fhdp* auf der andern Seite dieses kleinen Streifens zugeschrieben werden; denn wenn man auch diesen

1) Sechs Personen haben diesen Versuch wiederholt, mit demselben Resultat und fast in gleicher Stärke.

letzteren Raum schwärzte, würde alles unterhalb und oberhalb *qd* ähnlich, und folglich das Uebergreifen hier und dort gleich stark seyn, oder, anders gesagt, die Linie, welche auf der rechten Seite den gesammten weifsen Raum *mabn* zu begränzen scheint, würde eine stete Gerade seyn. Mithin wird der Irradiation von *macq* längs *ac* entgegengewirkt durch das Daseyn des weifsen Raums *pfhd*, dessen Irradiation sich in umgekehrter Richtung zu entwickeln strebt; und da diese beiden weifsen Räume gegen einander auf eine ähnliche Weise gelagert sind, so folgern wir daraus, dafs jeder von ihnen auf die Irradiation des andern eine sie verringernde Wirkung ausübt. Wenn man dem schwarzen Streifen eine gröfsere Breite giebt, so wird der scheinbare Vorsprung geringer. Wir sind also zu folgendem allgemeinen Satz geführt:

Zwei gegenüber liegende und hinreichend genäherte Irradiationen erleiden beide eine Schwächung. Diese Schwächung ist um so beträchtlicher, als die Ränder der hellen Räume, von denen die beiden Irradiationen ausgehen, näher zusammenliegen.

37. Auf folgende Weise kann man den oben beschriebenen Versuch noch auffallender machen. Statt der Pappe von Fig. 4 bediene man sich des hölzernen Apparats, Fig. 6, bestehend aus einem Brette von 20 Centm. Höhe und 17 Centm. Breite. Von dem Theil *fbcg* ist die Hälfte der Holzdicke fortgenommen, so dafs der Theil *afgd* vorspringt; *lmno* ist ein Brettchen eben so breit, aber nur halb so hoch wie Rechteck *afgd* und mit seiner Vorderfläche in Einer Ebene mit diesem liegend; diefs Brettchen ist in der Fuge *cg* verschiebbar, solchergestalt dafs sein Rand gegen *vg* oder von ihm ab geführt werden kann, und zwar mittelst einer hinter dem Apparat angebrachten Holzschraube, deren Kopf *r* mit einer kleinen Handhabe *s* versehen ist. Die Hälfte *fbcg* des grofsen Brettes ist geschwärzt, während die andere Hälfte *afgd* und das Brettchen *lmno* weifs angestrichen sind.

Das Ganze steht auf einem Fuſs *t*. Nachdem nun das Brettchen mittelst der Handhabe so weit zurückgeschroben worden, daſs sein Rand um drei oder vier Centimeter von *vg* absteht, stelle man den Apparat an einem recht hellen Ort auf, von dem man sich 12 bis 15 Meter entfernen kann. Da, bei diesem Stand der Dinge, der Rand *fg* des groſsen weiſsen Rechtecks weit absteht vom Rand *on* des Brettchens, so kann auf seiner ganzen Länge die Irradiation sich frei äuſsern, und der 12 bis 15 Meter vom Apparat entfernte Beobachter sieht die Linie *fg* als eine zusammenhängende Grade. Wenn aber, während er seine Augen auf diese Linie fixirt, eine andere Person durch Drehen der Handhabe das Brettchen langsam dem groſsen weiſsen Rechteck nähert, so hört die Hälfte *vg* der besagten Linie bald auf sich genau in der Verlängerung von *vf* zu zeigen; sie scheint sich in Bewegung zu setzen, und immer mehr und mehr gegen *ad* zurückzuweichen, in dem Maaſse als der Rand *on* sich nähert und den schwarzen Streif *vong* schmäler macht. Man begreift, daſs diese scheinbare Verschiebung desto bedeutender seyn wird, als die Augen des Beobachters empfindlicher für die Irradiation sind.

38. Ein anderer Versuch, der noch unmittelbarer als die vorhergehenden den aufgestellten Satz erweist, ist folgender: Auf einem starken Papprahm *abcd* (Fig. 7 Taf. III), äuſserlich 20 Centimeter Breite und 15 hoch, spanne man dünnes Papier aus, und schneide in diesem eine rechteckige Oeffnung *fghk* aus, die 15 Mllm. breit ist und sich von einer Seite des Rahmens nach der andern erstreckt. Quer auf diese Oeffnung klebe man einen 20 Mllm. breiten Pappstreifen *lmno*, und von *p* nach *q* spanne man eine etwa 1 Mllm. dicke schwarze Schnur aus. Endlich streiche man den Rahmen und den Streifen *lmno* schwarz an. Hierauf hefte man den Apparat an eine der oberen Scheiben eines Fensters, entferne sich acht bis zehn Meter, und stelle sich so, daſs

man durch die freien Stücke der Oeffnung *fghk* den Himmel erblicke. Auf diese Weise projiciren sich die mittleren Theile des schwarzen Streifens und der Schnur auf dem Himmel, während die oberen und unteren Theile derselben sich auf dem weit weniger hellen Grunde befinden, der von dem durchscheinenden Papier gebildet wird. Nun sieht man den breiten schwarzen Streif in *rs* und *tu* durch die an beiden Orten stattfindenden Irradiationen stark ausgeschnitten, während die Ausschnitte an der Schnur in *vx* und *yz* weit weniger bedeutend sind. Man gewahrt, daſs die ersteren Ausschnitte zusammengenommen weit gröſser sind als die Breite der Schnur, so daſs die Irradiation, wenn sie an der Schnur eben so stark aufträte, hinreichen würde, diese ganz verschwinden zu machen. Nun giebt es unter den Umständen, die das Phänomen an dem schwarzen Streif und an der Schnur abändern können, keine andere Verschiedenheit als die in der Breite beider Gegenstände, oder, anders gesagt, in den Abständen zwischen den beiden gegenüberliegenden Irradiationen. Dieser Versuch führt, wie die früheren, zu dem aufgestellten Satz [1]).

39. Wäre es nöthig, noch fernere Versuche zur Stütze dieses Satzes beizubringen, so könnte ich die folgenden anführen, deren Resultate natürliche Folgen vom Daseyn desselben sind.

Ein Pappstück von gleichen Dimensionen, wie die Fig. 3 u. 4 u. s. w., werde schwarz bemalt, bis auf den rechteckigen Raum *abcd* (Fig. 8 Taf. III) von 5 Centm. Höhe und 9 Mllm. Breite, auf welchem man nun zwei schwarze Linien von einem Millimeter Dicke so ziehe, daſs sie das Rechteck in drei kleine weiſse Felder von gleicher Breite theilen, wie es die Figur vorstellt. Stellt man diesen Apparat nahe an ein Fenster, und betrachtet ihn aus einer zweckmäſsigen Entfernung, so wird das

1) Dieser Versuch wurde von vier Personen wiederholt und mit gleichem Erfolg.

mittlere weiſse Feld beträchtlich schmäler erscheinen als die beiden andern. Hier wird, wie man sieht, den Irradiationen, die sich längs dem rechten und linken Rande des mittleren Feldes zu entwickeln trachten, entgegen gewirkt durch die Nachbarschaft der beiden andern; während die Irradiationen längs den Rändern *ad* und *bc* der Seitenfelder sich frei ausdehnen und sonach die scheinbare Breite dieser letzten Felder beträchtlich vergröſsern können [1]).

Man male auf weiſse Pappe ein schwarzes gleichseitiges Dreieck, so groſs wie Fig. 9 Taf. III, und betrachte es, wie den früheren Apparat, aus einigen Metern Entfernung, nachdem man die Pappe an einem recht hellen Ort aufgestellt hat. Die Seiten des Dreiecks werden nun nicht mehr geradlinig erscheinen, sondern sich etwas eingebogen darstellen, wie Fig. 10 zeigt. Die Irradiation, durch welche der weiſse Grund scheinbar in die schwarze Figur einzugreifen scheint, findet nämlich in der Mitte jeder Seite wenig oder gar kein Hinderniſs, weil diejenigen Theile des Grundes, welche die beiden andern Seiten berühren, zu weit davon abstehen; weiter nach den Ecken hin, kommen aber die Irradiationen, die längs den Seiten entwickelt werden, einander immer näher, und erleiden daher eine immer gröſser werdende Verringerung [2]).

Es ist endlich diese Art von Neutralisation zweier benachbarten Irradiationen, der wir es verdanken, daſs wir, selbst bei Sonnenschein, die zartesten Striche der feinsten Schrift unterscheiden, ein Haar, selbst einen Seidenfaden u. s. w. gegen den Himmel wahrnehmen können; denn die Irradiation würde, selbst in der Entfernung des deutlichen Sehens, mehr als hinreichend seyn, um, wie wir weiterhin (§. 95) sehen werden, diese so

1) Ebenso.

2) Auch dieser Versuch wurde von vier Personen wiederholt und mit gleichem Erfolg.

dünnen Gegenstände vollständig auszulöschen, wenn nicht die Uebergreifungen, welche an beiden Seiten zu entstehen trachten, eine bedeutende Verringerung erlitten.

40. Der Satz, zu welchem wir gelangt sind, erklärt die Wirkung der Mikrometer mit doppelten Bildern ganz natürlich. Denn in dem Maafse, als man die beiden kreisrunden Bilder des hellen Gegenstandes einander nähert, erleiden die Ocular-Irradiationen beider eine Verringerung, die in der Nachbarschaft der Punkte, die zur Berührung kommen sollen, immer gröfser und gröfser wird, so dafs man endlich, wenn diese Berührung stattgefunden hat, glauben kann, die Irradiationen seyen an dieser Stelle gänzlich zerstört. Nimmt man nun an, das gebrauchte Fernrohr sey sehr gut, so dafs die Wirkung der Aberration darin zu vernachlässigen ist, so wird man den auf diese Weise gefundenen Werth vom Winkeldurchmesser des Gegenstandes für richtig halten können. Die Resultate der Hrn. Arago, Robinson und Bessel sind also nothwendige Folgen des allgemeinen Satzes von der Neutralisation zweier benachbarten Irradiationen.

41. Hieraus scheint sich mir ein Verfahren zu ergeben, um den Werth des aus den Aberrationen eines gegebenen Fernrohrs entspringenden Theils vom Gesammtfehler zu finden, sobald man nur ein Mikrometer mit doppelten Bildern anwenden kann. Gesetzt nämlich, man habe mittelst eines Fernrohrs mit solchem Mikrometer den Versuch des Hrn. Arago wiederholt, d. h. gemessen den Winkeldurchmesser einer künstlichen hellen Scheibe, deren Durchmesser und Entfernung genau bekannt ist. Findet man einen merklichen Unterschied zwischen dem aus der Mikrometermessung abgeleiteten und dem wahren, bekannten Werth dieses Winkeldurchmessers, so wird dieser Unterschied der Werth von a (§. 34) seyn, oder der von den Aberrationen des angewandten Instruments herrührende Fehler; denn das Mikrometer mit doppelten Bildern mufs, während es den aus der Ocular-

Irradiation entspringenden Fehler aufhebt, offenbar den durch die Aberrationen des Fernrohrs veranlafsten bestehen lassen. Der so bestimmte Werth von *a* wird also eine Correction seyn, die man allen mit demselben Fernrohr gemachten Beobachtungen, auf welche die Aberrationen eingewirkt haben können, anzubringen hat. Findet man für *a* keinen merklichen Werth, so ist diefs ein Beweis, dafs das angewandte Fernrohr als frei von Aberrationen betrachtet werden kann.

42. Kennt man sonach diesen Theil des Gesammtfehlers für das Fernrohr, um das es sich handelt, so wird man sich gegen den aus der Ocular-Irradiation entspringenden ziemlich sichern können, entweder indem man starke Vergröfserungen anwendet, oder indem man, wie Hr. Robinson vorschlägt (§. 23), die Helligkeit des Sehfeldes des Fernrohrs erhöht und zugleich die Helligkeit des Bildes vermindert, oder endlich, indem man ein Objectiv-Mikrometer oder ein Bergkrystall-Mikrometer anwendet. Es scheint mir demnach, dafs man, bei Befolgung der vorstehenden Winke, genaue Resultate erlangen kann, selbst wenn das Fernrohr mittelmäfsig und das Auge des Beobachters sehr zur Irradiation geneigt ist.

43. Die Frage wegen der Irradiation, was ihr Daseyn und ihren Einflufs auf die astronomischen Beobachtungen betrifft, scheint mir nun klar zu seyn. Wie man gesehen, ist das Phänomen bei blofsem Auge am deutlichsten und am leichtesten nachzuweisen; bei Fernröhren ist es mit den Effecten der Aberrationen vermischt, und der Gesammtfehler hängt in diesem Falle ab von der Vollkommenheit des Instruments, von der Helligkeit des Bildes, von der Vergröfserung, sowohl an sich als durch die eigenthümliche Wirkung des Oculars, von der Beschaffenheit und dem Befinden des Auges, und überdiefs von der Art des Mikrometers, dessen man sich bedient. Es ist demnach unmöglich, wie es Du Séjour[1]) und nach

1) In seiner grofsen Arbeit über die Berechnung der Finsternisse ist Du

nach ihm eine grofse Anzahl Astronomen gethan, einen constanten Werth für diesen Fehler anzunehmen, da derselbe von wesentlich veränderlichen Elementen abhängt. Die Beobachter, die diesen Werth zu bestimmen suchten, mufsten nothwendig zu mehr oder weniger widersprechenden Resultaten gelangen.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

IV. *Ueber das Klima von Sitcha und den russischen Besitzungen an der Nordwestküste von Amerika; von K. E. von Baer.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus dem *Bullet. scient.* der St. Petersburger Akademie, T. IV.)

Während seines Aufenthalts in Neu-Archangelsk hat der Contre-Admiral von Wrangell ein vollständiges meteorologisches Tagebuch geführt. Es beginnt im Jahre 1831 mit dem 25. November a. St., und schliefst mit dem Februar 1835. Die Aufzeichnungen sind vier Mal täglich gemacht worden, im J. 1832 um 8 Uhr Vormittags, 12 Uhr Mittags, 4 Uhr und 8 Uhr Nachmittags; in den folgenden Jahren aber um 9, 12, 3 und 9 Uhr. Das Jahr 1832 hat jedoch eine lange Lücke, welche im Juni beginnt und im September endet. In den folgenden Jahren sind nur einzelne Stunden ausgefallen.

Das ganze Tagebuch hier abdrucken zu lassen, schien nicht passend. Auch sind diese Beobachtungen später fortgesetzt, und es ist zu hoffen, dafs die ganze Reihe einst von meinem Collegen, Hrn. Kupffer, in dem Werke: *Obser-*

Séjour zu dem Schlufs gelangt, dafs der Sonnendurchmesser in Fernröhren um ungefähr 3",5 durch die Irradiation vergröfsert werde.

vations météorologiques et magnétiques faites dans l'Empire de Russie, von welchem bereits der erste Band erschienen ist, publicirt werden wird. Da bis dahin noch mehrere Jahre vergehen dürften, so glaube ich den Physikern einen Gefallen zu erweisen, wenn ich die wichtigsten Resultate aus diesem Tagebuche hier mittheile.

Besonders schien die Kenntnifs der Temperaturverhältnisse wichtig, da man schon lange auf den bedeutenden Unterschied in der Temperatur auf der Ost- und Westküste von Nord-Amerika unter gleichen Breiten aufmerksam ist, ohne durch Zahlenwerthe sie mit Sicherheit bestimmen zu können. Nur Temperaturbeobachtungen aus der Gegend von der Mündung des Columbia-Flusses gaben Gelegenheit zu einer numerischen Vergleichung mit der Ostküste unter $45\frac{1}{2}$° n. Breite [1]). Einen zweiten Vergleichungspunkt giebt Neu-Archangelsk auf der Insel Sitcha und die Kolonie Nain an der Ostküste, deren Temperatur wir annäherungsweise kennen. Für jenen Ort besafsen wir allerdings schon Angaben durch die Herren Kupffer [2]) und Lütke [3]), von denen der erstere die mittlere Jahrestemperatur dieses Ortes aus Beobachtungen vom Jahr 1828 = +5,8° R., der letztere dagegen mit Hinzuziehung des Jahres 1829 = 6,15° R. fand. Beide Mittheilungen aber hatten die Monate nach altem Style getheilt, wodurch schon die Vergleichung der Jahreszeiten unmöglich wurde, und eine neue Berechnung blieb um so mehr wünschenswerth, als Brewster das Resultat bezweifelt und einen bedeutenden Fehler vermuthet hat [4]). Wir werden sehen, dafs er sich hierin irrte.

Ich theile also hier die Berechnungen aus Wran-

1) Dies. Ann. Bd. XXXXI, S. 661. P.

2) Poggendorffs Annal. der Physik u. Chemie Bd. XXIII, S. 119.

3) Lütke *Voyage autour du monde Vol. I, p.* 222.

4) *The London and Edinburgh philosophical magazine Vol. I, p.* 222.

gell's Tagebüchern mit, nachdem ich die Angaben auf den neuen Styl reducirt und die Reaumursche Scale in die hunderttheilige umgesetzt habe. Die Temperaturen habe ich für die einzelnen Stunden summirt und davon das Mittel berechnet, dieses Mittel aber nach dem Gange der Temperatur in Leith, welches fast gleiche Breite mit Neu-Archangelsk und ebenfalls ein Küsten-Klima hat, corrigirt, um die wahre mittlere Temperatur zu finden. Dieses Verfahren schien mir für den vorliegenden Fall durchaus richtiger, als wenn ich den täglichen Gang der Temperatur in Padua nach der Formel von Kämtz mit in die Berechnung gezogen hätte.

Mittlere Temperaturen zu Neu-Archangelsk im. J. 1832.

Monate.	8 Uhr Vorm.	12 Uhr Mittags	4 Uhr Nachmit.	8 Uhr Nachmit.	Wahres Mittel.
Januar.....	+1,06	+2,64	+1,25	+0,72	+1,37
Februar....	−1,97	+3,13	+1,40	−1,67	+0,21
März.......	+1,61	+3,13	+2,89	+1,10	+1,93
April......	+3,15	+6,07	+5,99	+2,80	+3,98
Mai........	+8,91	+12,50	+14,01	+9,14	+10,18
October...	+6,11	+7,98	+6,56	+5,40	+6,30
November..	+5,54	+6,41	+6,02	+5,11	+5,35
December..	+2,69	+4,58	+2,83	+2,09	+2,91

Vom Januar 1833 an ist, wie gesagt, um 9, 12, 3 und 9 Uhr beobachtet worden. Nur in seltenen Fällen sind die Aufzeichnungen Morgens um eine Stunde früher oder Nachmittags um eine Stunde später gemacht, und dieses ist im Tagebuche notirt. Ich habe in solchen Fällen, je nachdem die Temperatur im Zu- oder Abnehmen begriffen war, die für diese Zeiträume bemerkte Temperatur verhältnifsmäfsig höher oder niedriger angenommen, und dadurch Werthe erhalten, welche die folgende Tabelle angiebt. Die mittlere Temperatur ist ebenfalls nach dem Gange derselben in Leith corrigirt. Ich hätte gewünscht, für die vier Monate, welche im Jahr 1832 ausgefallen sind, Beobachtungen aus andern Jahren zu

benutzen, um überall das Mittel aus dreijährigen Beobachtungen zu ziehen, habe diese aber nur für den Juni erhalten [1]).

Mittlere Temperatur zu Neu-Arch. in den J. 1833—35.

Monate.		9 Uhr Vorm.	12 Uhr Mittag.	3 Uhr Nachm.	9 Uhr Nachm.	Wahres Mittel.
Jan.	1833	+2,17	+3,90	+4,01	+2,69	
	1834	—2,22	0,85	0,93	—1,96	
	1835	—1,83	3,63	3,36	—1,96	
	Mittel	—0,62	2,79	2,76	+0,41	+1,25
Febr.	1833	—0,07	2,72	2,24	0,22	
	1834	+0,01	2,57	2,52	0,42	
	Mittel	—0,03	2,64	2,38	0,32	1,24
März	1833	+5,04	6,15	5,72	3,25	
	1834	2,88	5,42	6,35	1,81	
	Mittel	3,96	5,78	6,04	2,54	2,01
April	1833	6,23	8,30	8,44	4,48	
	1834	5,35	6,91	6,66	3,46	
	Mittel	5,79	7,60	7,55	3,47	5,23
Mai	1833	9,15	10,54	11,13	7,24	
	1834	8,33	9,73	9,46	6,37	
	Mittel	8,74	10,13	10,89	6,80	8,46
Juni	1833	13,38	15,08	15,00	11,29	
	1834	12,92	15,15	15,06	10,27	
	1835	11,88	13,44	13,41	9,92	
	Mittel	12,39	14,56	14,49	10,50	12,12
Juli	1833	14,96	18,36	18,48	12,87	
	1834	13,33	15,22	15,10	11,01	
	Mittel	14,15	16,79	16,79	11,94	13,95
Aug.	1833	16,79	19,40	19,44	13,47	
	1834	12,62	14,56	14,62	10,86	
	Mittel	14,70	16,98	17,03	12,17	14,33
Sept.	1833	13,20	15,50	15,51	12,14	
	1834	10,44	13,46	13,18	10,00	
	Mittel	11,82	14,48	14,34	11,07	12,31

1) Bemerken mufs ich noch, dafs man die Uebersichten der monatlichen, höchsten, niedrigsten und mittlern Thermometer-Stände von den Jahren 1828 und 1829, welche die Herren Lütke und Kupffer an den angeführten Orten mittheilen, *nicht* etwa hier hinzuziehen darf, um die Beobachtungs-Reihe zu verlängern, weil dort die Monate nach dem alten Style abgetheilt sind.

Monate.		9 Uhr Vorm.	12 Uhr Mittag.	3 Uhr Nachm.	9 Uhr Nachm.	Wahres Mittel.
Oct.	1833	+9,26	+12,03	+11,56	+8,40	
	1834	8,25	9,65	9,64	7.70	
	Mittel	8,76	10,84	10,60	8,05	9,05
Nov.	1833	6,98	8,33	7,89	6,91	
	1834	5,71	7,19	6,83	5,65	
	Mittel	6,34	7,76	7,36	6,28	6,40
Dec.	1833	0,85	1,83	1,61	0,50	
	1834	2,64	4,22	3,86	2,71	
	Mittel	1,74	3,03	2,74	1,60	2,14

Aus beiden Uebersichten habe ich die mittleren Temperaturen der einzelnen Monate, der Jahreszeiten und des ganzen Jahres berechnet, wie sie in der zunächst folgenden Tabelle mitgetheilt werden. Ich stelle sie zusammen mit den von Kämtz aus ältern Beobachtungen berechneten mittleren Temperaturen für die Kolonie Nain, in Labrador, die auf der Ostküste von Amerika so genau der Ansiedlung Neu-Archangelsk gegenüberliegt, dafs der Unterschied der Breite nur einige Minuten betragen kann. Es wäre höchst interessant, wenn man auch aus der Mitte des festen Landes von Amerika unter derselben Breite das Maafs und die Vertheilung der Temperatur genau kennte. Dieser Punkt würde 1° 40′ südlich und um einige Grade östlich vom Fort Chepewyan liegen. Da wir nun durch Franklin's zweite Reise vom Fort Chepewyan (58° 43′ n. Br. und 111° 18′ w. L. v. Gr.) einjährige Temperaturbeobachtungen, und aufserdem auch durch seine erste Reise meteorologische Beobachtungen aus Cumberland-House (53° 57′ n. Br. und 102° 17′ w. L. v. Gr.) erhalten haben, so scheint es, dafs die Temperatur des gesuchten Punktes, der zwischen beiden Forts so liegt, dafs er von ersterem nur halb so weit entfernt ist als von letzterem, sich ziemlich genau bestimmen lasse. Nach diesen Elementen habe ich auch in der unten folgenden Tabelle die Temperatur der Monate November bis Mai berechnet. Für die Sommermonate haben wir

aber keine unmittelbaren Beobachtungen, sondern nur Berechnungen aus Cumberland-House. Meine Ziffern sind hier mit Berücksichtigung entfernterer Localitäten gegeben, deswegen aber auch weniger sicher.

Temperatur von Nord-Amerika unter 57° 5′ n. Br.

Mittlere Temperaturen.	Neu-Arch. 57° 3′ n. Br. 135° 18′ W. L. v. Gr.	Wahrscheinliche Temp. 37° n. Br. 108° W. L. v. Gr.	Nain etwa 57° n. B. 61° 20′ W. L. v. Gr.
des Januar	+1,28	−24,5	−20,6
— Februar	+0,89	−19,5	−20,9
— März	3,34	−15,7	−15,1
— April	4,80	− 1,7	− 3,3
— Mai	8,99	+ 9,2	+ 1,1
— Juni	12,12	+21,5	+ 4,7
— Juli	13,95	+20,5	+ 8,7
— August	14,33	+15,0	+ 9,3
— September	12,31	+ 8,5	+ 7,5
— October	8,13	− 0,5	+ 2,3
— November	6,05	− 6,0	− 3,1
— December	2,40	−16,1	−14,0
des Wint. (Dec. — Febr.)	1,52	−20,0	−18,48
— Frühl. (März — Mai)	5,71	− 2,7	− 5,77
— Somm. (Juni — Aug.)	13,50	+19,0	+ 7,57
— Herbst (Sept. — Nov.)	8,83	− 0,7	+ 2,22
des ganzen Jahres	7,39 C.	− 0,8	− 3,62 C.

Die mittlere Temperatur von Neu-Archangelsk, +7°,59 C. oder +5°,91 R., wie sie aus diesen vollständigern Materialien hervorgeht, steht also in der Mitte zwischen den Ergebnissen, welche die Herren Kupffer und Lütke erhielten. Sie ist um mehr als 10° C. höher als in der Ansiedlung Nain an der Ostküste. Der Winter ist in Labrador gerade um 20° C. kälter als auf der Insel Sitcha, der Frühling um 11½° C., der Sommer aber nur um 6° C. und der Herbst um 6°,6 C. kälter. In der Mitte des Continents ist der Winter noch bedeutend kälter als an der Ostküste. Unsere vergleichende Uebersicht giebt dieses Mehr der Kälte für das Innere zu 1°,5 C.

gegen die Ostküste, und zu 21°,5 gegen die Westküste an, aber gewifs noch zu gering, da das Fort Chepewyan, das für die Berechnung benutzt ist, an einem ansehnlichen Landsee liegt, dessen erwärmenden Einflufs im Winter die Beobachtungen selbst auf das Bestimmteste nachweisen. Der Winter ist nämlich im Fort Chepewyan sogar um 5° milder gefunden als in dem fast um 5° mehr nach Süden gelegenen Cumberland-House. Die Erhebung über dem Meere, die für den letzteren Ort um 300 Fufs gröfser als für den erstern angegeben wird, kann einen so bedeutenden Einflufs wohl nicht ausüben.

Dafs dagegen der Sommer bedeutend wärmer ist als an beiden Küsten, lehrt schon das rasche Wachsthum dem Temperatur vom April zum Mai.

Die Differenz zwischen dem April und Mai ist:

Für Neu-Archangelsk 4°,2; für Nain 4°,4; für das Innere 10°,9 C.

Ich glaube daher, dafs die Sommertemperatur in unserer Tabelle noch etwas zu niedrig angegeben ist, da die abkühlende Wirkung des beträchtlichen Athapasca-Sees, an welchem das Fort Chepewyan liegt, in die Berechnung übergegangen ist. Diese Vermuthung wird durch eine Vergleichung der Sommertemperatur im Innern der alten Welt bestätigt.

So begünstigt aber auch Sitcha im Verhältnifs zur Ostküste von Amerika erscheinen mag, so hat es doch weniger Wärme als die Westküste der alten Welt unter derselben Breite. Bergen an der Küste Norwegens, fast unter denselben Localverhältnissen, aber um mehr als drei Grade nördlicher gelegen, ist doch fast in allen Jahreszeiten wärmer, wie die folgende Vergleichung lehrt:

	Mitt. Temp.	Wint.	Frühl.	Somm.	Herbst.
Sitcha (57° 3′ n. Br.)	7°,39 C.	1°,52.	5°,71.	13°,50.	8°,83.
Bergen (60° 24′ n. Br.)	8°,18 C.	2°,20.	7°,02.	14°,76.	8°,74.

Um zu beurtheilen, in wie weit man aus der Quantität und der Vertheilung der Temperatur von Neu-Ar-

changelsk, verglichen mit der Temperatur an der Ostküste von Amerika und im Innern des Continents unter derselben Breite, auf die allgemeine Vertheilung der Wärme in Nordamerika unter dieser Breite, oder auf den Lauf der Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur, gleicher Sommer und gleicher Winter schliefsen dürfe, müssen wir die Localität etwas näher ins Auge fassen. Neu-Archangelsk liegt auf der Insel Sitcha, die durch mehrere Meeresarme vom Continente getrennt ist. Indessen sind diese Arme doch nur schmal, und kurz im Verhältnifs zu der ausgedehnten Masse des Continents, das nach Osten ganz nahe an die Insel Sitcha tritt. Dagegen ist nach Westen ein ungeheuer weites Wasserbecken. Man hat also in Neu-Archangelsk nicht sowohl ein Insel- als ein Küsten-Klima. Wenn man nämlich nach der Art, wie sich das Wärmequantum des ganzen Jahres vertheilt, ein See- oder Insel-Klima und ein Continental-Klima als Gegensätze unterscheidet (wovon dieser kalte Winter und heifse Sommer, jener aber nach der Art, wie sich der Ocean abkühlt und erwärmt, milde Winter und kühle Sommer hat), so würde man Unrecht haben, Sitcha in die erste Categorie zu setzen. Die Sommer sind daselbst wärmer und die Winter kälter, als sie unter derselben Breite mitten im Ocean seyn könnten. Sitcha erfährt den Einflufs des Continentes und der See ungleich und hat daher ein Küsten-Klima. Die Localverhältnisse dieser Insel vermindern aber mehr noch als die schmalen Meeresarme die Einwirkung des Continentes. Die Insel selbst ist von hohen Bergen besetzt, von denen der eine, *Werstowaja* genannt, eine sehr ansehnliche Höhe von ungefähr 4000 Fufs erreicht. Auch die benachbarte Küste ist mit hohen Gebirgszügen besetzt, wodurch die Ausgleichung der Temperaturverschiedenheit zwischen dem Continent und dem Ocean bedeutend gehemmt wird. Neu-Archangelsk ist also im Sommer kühler und im Winter wärmer, als es ohne dieses

Localverhältnifs seyn würde, und kann nicht so unmittelbar den Lauf der *Isotheren* (Linien gleicher Sommer) und *Isochimenen* (Linien gleicher Winter) innerhalb des Festlandes von Nord-Amerika bezeichnen, wie die Mündung des Columbia-Flusses für die tieferen Breiten. Dazu kommt, dafs diese Berge fast bis an das Ufer der See mit dichten Waldungen besetzt sind. Durch die Gebirge und durch die Wälder werden die Ausdünstungen der See zurückgehalten, durch die kältern Luftschichten der Berghöhen zu Nebel und Regen niedergeschlagen und ein Theil der Wärme der tiefern Luftschichten wird nun wieder verbraucht, um diese Feuchtigkeit zur Verdünstung zu bringen. Daher die vorherrschende Feuchtigkeit der Luft, die den Aufenthalt in Sitcha so unangenehm macht, obgleich sie der Gesundheit weniger schädlich befunden wird, als man vorauszusetzen geneigt ist. Das letztere Verhältnifs gilt indessen, wenn wir nicht irren, mehr oder weniger von allen Küsten, denn es scheint, dafs überall in der unmittelbaren Nähe der See die Menge der Luftfeuchtigkeit lange nicht so nachtheilig auf die Oeconomie des menschlichen Organismus wirkt, als die von Sümpfen oder dichten Wäldern bedingte Feuchtigkeit der Luft in Gegenden, welche der unmittelbaren Einwirkung der Seeluft entzogen sind. Im Jahre 1828 zählte man in Neu-Archangelsk 120 Tage, an welchen es ununterbrochen, und 180 Tage, an denen es unterbrochen regnete oder schneite, und nur 66 Tage konnte man heiter nennen [1]). Nicht günstiger ist das Verhältnifs in andern Jahren. Es sollen Jahre vorkommen, sagt Lütke, welche nur 40 heitere Tage haben.

Einen viel gröfsern Einflufs als diese Localverhältnisse übt die Gestaltung des Continents auf das Klima von Sitcha und der ganzen Umgegend in weiter Ausdehnung aus. Aber dieser Einflufs ist nicht sowohl als Störung, sondern vielmehr als Bedingung des Verlaufs der

1) Lütke *Voyage. Vol. I, p.* 220.

Linien gleicher Wärme zu betrachten. Hätten nicht schon die gesammten Untersuchungen über die Vertheilung der Wärme auf dem Erdkörper gelehrt, dafs die Raumverhältnisse zwischen dem festen Lande und dem Ocean, die Abweichung der *Isothermen*, *Isotheren* und *Isochimenen* von den Parallelkreisen bedingen, so würden die Russischen Kolonien diese Lehre erweisen. Jedenfalls geben sie höchst auffallende Belege. Die Halbinsel Aljaska, welche an manchen Stellen kaum 5, und selten 15—20 Meilen breit ist, wirkt durch ihre Stellung aufserordentlich auf die Temperatur dieser Gegenden ein. Wir werden auf dieses Verhältnifs, da seine Wirkung sich weit hin erstreckt, später zurückkommen.

Der Winter in Neu-Archangelsk (+1,52) ist wärmer als der Winter in Stuttgart (+1,19), Turin (+1,35), Mannheim (+1,42) und Trier (+1,47), und nicht viel kälter als der Winter von Padua (+1,70). Allein, an vielen dieser Orte ist die Winterkälte doch für einige Zeit mehr concentrirt (eine Folge ihrer Entfernung von der See), als in Neu-Archangelsk. Wie sehr hier der Winter wechselnd ist und die Frosttage vertheilt sind, wird am anschaulichsten, wenn man in unserem Journale aufsucht, in welchen Monaten es fror und wie lange der Frost jedesmal anhielt. Im Winter 1831 bis 1832 fror es im December 2 Tage lang und aufserdem einige Mal in der Nacht; im Januar gab es Fröste von 1, 3, 5 Tagen und von einzelnen Nächten; im Februar währte der längste Frost 5 Tage und aufserdem waren häufige Nachtfröste; im März fror es nie mehr am Tage und nur selten in der Nacht. Im Winter 1832—33 kam im December ein ganz ungewöhnlich andauernder Frost vor, der fast [1]) ununterbrochen 10 Tage anhielt; im Januar

1) Er scheint zwei Mal eine kurze Unterbrechung erlitten zu haben, da an zwei Tagen um 12 Uhr Mittags die Temperatur nur $\frac{1}{4}$° R. war. Gerade an diesen Tagen ist aber die Beobachtung um 3 Uhr Nachmittags ausgefallen.

fror es dagegen nur an 1,1 (d. h. zwei einzelnen) Tagen, im Februar an 1½ und 3 Tagen, im März nur in der ersten Nacht. Im Winter 1833—34 gab es im December Fröste von 4 und 3 Tagen, außer einigen Nachtfrösten, im Januar von 6, 2 und 1 Tagen, im Februar von 2 und 4 Tagen. Im folgenden Winter fror es im December 4 Tage lang und im Januar nur an einzelnen *Stunden*. Ueberall habe ich, wenn die Tagebücher 0° angeben, vorher und nachher aber Frost notirt war, den Frost als ununterbrochen angenommen, obgleich es wahrscheinlich ist, daſs er öfter um Mittag unterbrochen war. Unter diesen Umständen kann der Schnee daselbst in der Ebene keine bleibende Erscheinung seyn, denn selbst nach der ganz ungewöhnlichen Andauer des Frostes von 10 Tagen, konnte der Schnee sich kaum wenige Tage länger erhalten haben, da die Erde nur an der Oberfläche und wenig unter den 0 Punkt erkaltet seyn konnte. Es kann also die Angabe, die wir vorfinden, daſs zuweilen der Schnee sich den ganzen Winter erhält, nicht füglich anders zu verstehen seyn, als daſs man den Winter nur sehr kurze Zeit gerechnet hat. Indessen sagt mir der Admiral Wrangell, daſs in beengten Lokalitäten, zwischen Berghöhen der Schnee allerdings bleibend ist. Was die Intensität des Frostes betrifft, so bemerken wir, daſs er im ganzen Winter 1832—33 nicht unter —5° R. ging. Ein Frost von —7° R. gehört schon zu den besondern Seltenheiten, indessen finde ich doch einmal —9° R. (im Februar 1832) und einmal sogar —12° R. (im Januar 1834) notirt. Eine gröſsere Kälte hat Admiral Wrangell nicht beobachtet, Langsdorff aber giebt —16° R. für den 11. Januar 1806 an [1]). Dagegen hat man im Januar auch +10° beobachtet. Die

1) Langsdorff's Reise. Oct. Ausg. II. S. 136.

Später eingegangene amtliche Berichte zeigen an, daſs der Winter von 1836 ganz schneelos war und es nur an vier Tagen fror. Dennoch war in dieser Zeit eine Kälte von 10° eingetreten.

Rhede ist das ganze Jahr hindurch offen und nur einige wenige, von Bergen und Inseln ganz umschlossene Buchten frieren zuweilen zu.

Wichtiger für unsere Kolonien ist es, das Maafs ihrer Sommerwärme und den Nutzen, den man aus derselben ziehen kann, kennen zu lernen. Man baut in Sitcha und in den gesammten Besitzungen der Russisch-Amerikanischen Compagnie, mit alleiniger Ausnahme der südlichen Ansiedlung Ross, gar kein Korn, und mufs sich daher den ganzen Kornbedarf, da auch in Kamtschatka der Kornbau noch nicht hat allgemein werden können, entweder aus dem Auslande ankaufen, was gewöhnlich in Kalifornien geschieht, oder aus Ochotsk, wohin es nach weitem Landtransport aus dem westlichen Sibirien kommt, oder aus den Häfen des Europäischen Rufslands bringen. Es ist in der That ein sonderbarer Contrast, durch Colibris an den Süden erinnert zu werden, und nicht einmal Gerste auf dem Felde zu haben, viel weniger Reis oder Mais.

Irrig wäre es freilich, aus der mittlern Temperatur (+7,39), welche nicht sehr weit hinter der von Kopenhagen (+7,69) und Berlin (+7,93) zurücksteht, aber die von Bern (+7,23), von Königsberg (+6,49) und noch vielmehr die von Stockholm (+5,64), Moskau (+3,26) und St. Petersburg (+3,23) übertrifft, auf die Fähigkeit der Kornproduction schliefsen zu wollen. In dem Gedeihen des Korns äufsert sich ganz besonders der grofse Unterschied, der darin liegt, ob eine gewisse Quantität Wärme im Innern des Continents auf heifse Sommer und kalte Winter, oder am Rande eines ungeheuren Wasserbeckens in milde Winter und kühle Sommer vertheilt ist. Moskau hat bei seiner viel geringern jährlichen Wärmemenge, wegen der weiten Entfernung vom Ocean einen Sommer (16,9), der dem Weizen ein Gedeihen giebt; an Weizen ist auf der Insel Sitcha nicht zu denken.

Der Sommer von Sitcha (13°,5) ist bedeutend kälter als der von Abo (15°,72), ja er ist sogar kälter als zu Uleaborg im Norden von Finnland (14°,34), und nicht viel wärmer als im Innern von Lappland (13°,8) und auf der Höhe von Jempteland (13°). Es ist hiernach die Sommertemperatur Sitcha's genau die Sommertemperatur derjenigen Gegenden in Europa, wo der Roggen entweder gar nicht, oder nur in ganz besondern Localitäten zur Reife kommt. Bedenkt man noch, dafs der Roggen zur Zeit seiner Blüthe trockner Witterung bedarf, wenn die Befruchtung gedeihen soll, dafs man aber in Sitcha zu keiner Zeit des Jahres mit Sicherheit auf trocknes Wetter rechnen kann, so darf man nicht erwarten, dafs der Bau des Roggens gedeihen werde. Wenn die Wälder auf dieser Insel nicht nur, sondern auch in der Umgegend gelichtet seyn werden, und dadurch die Feuchtigkeit weniger angehäuft wird, können sich vielleicht einzelne, besonders erwärmte Localitäten auffinden lassen, in denen der Roggen zuweilen, aber wohl nur selten reift [1]). Mehr läfst sich nach den uns vorliegenden Materialien nicht für den Bau des Roggens auf Sitcha erwarten. Zwar säet man noch etwas Roggen in dem Kandalakschen Busen des Weifsen Meeres, und dieser Roggen hat im vorigen Jahre siebenfältig gelohnt; allein der Busen von Kandalaksch ist eine besonders begünstigte Localität, die gegen den Einflufs des Nordens geschützt ist, und doch ist es nur eine Seltenheit, dafs der Roggen reif wird. Am Westufer des Weifsen Meeres ist schon im Kemischen Kreise der Roggen eine Seltenheit. Am Bottnischen Meerbusen geht der Bau des-

1) Auf die Lichtung der Wälder rechne ich so viel nicht, als man sonst wohl auf sie zu rechnen pflegte, aber doch etwas mehr als Viele jetzt darauf rechnen. Jedenfalls hat die Amerikanische Kompagnie sich ein grofses Verdienst dadurch erworben, dafs sie so bald nach der Besitznahme meteorologische Beobachtungen anstellen liefs, die für die Zukunft zur Vergleichung dienen werden.

selben über Uleaborg hinaus bis zu dem Orte Kemi, ohne Torneo zu erreichen. Die Sommertemperatur mag in Kemi 13°,5 bis 13°,75 seyn, d. h. ungefähr die von Sitcha.

Anders ist es mit der Gerste. Diese Kornart baut man nicht nur bei Alten in der Nähe des Nordkaps, unter 70° n. Br., sondern auch jenseits Torneo im Russischen und Schwedischen Lappland bis über den Parallelkreis, und an der Westküste des Weifsen Meeres bei Kem [1]). Blüthe und Befruchtung der Gerste werden auch durch die feuchte Luft nicht so leicht gestört, weshalb sie selbst auf isolirten, ziemlich nördlichen Inseln noch fortkommt, wie auf den Schettländischen Inseln und den Faröern. Erst in Island gestattet das Klima ihre Reife nicht mehr. Man hat aus der Verbreitung der Gerstenkultur geschlossen, dafs sie auf den Continenten bei einer Sommertemperatur von +8° C. gedeihen kann, auf Inseln aber, wahrscheinlich weil dort die Wärme weniger gleichmäfsig wirkt, 10° das geringste erforderliche Maafs der mittlern Sommerwärme ist. Im südlichen Island ist die Sommerwärme = 9°,7 C.

Hiernach ist es wahrscheinlich, dafs auch in Sitcha die Gerste gedeihen werde. In der That erfahren wir auch, dafs der erste Versuch Gerste zu bauen, gleich nach der Besitznahme dieser Insel dem Director **Baranow** gelungen ist [2]). Es scheint aber, dafs dieser Versuch entweder gar nicht, oder wenigstens nicht ernstlich, wiederholt ist. Der Grund hiervon liegt theils darin, dafs die wenigen arbeitsfähigen Männer im Sommer anderweitig beschäftigt sind, theils darin, dafs nur ein sehr schmaler Küstenraum der Bearbeitung durch den Pflug oder die Schaufel fähig scheint.

1) Das Städtchen *Kem* am Weifsen Meer darf nicht mit *Kemi*, das um einen Grad nördlicher am Bottnischen Meerbusen liegt, verwechselt werden.

2) **Langsdorff's** Reise. Bd. II, S. 138.

Auf diesem Küstenraume bei Neu-Archangelsk baut man jetzt einige Gemüsearten, unter welchen Kartoffeln und Blumenkohl sehr gut gedeihen. Aufserdem zieht man Erbsen, Möhren, gewöhnlichen Kohl und Rettig. Es scheint mir, dafs man hier die Quinoa pflanzen sollte, welche auf den Gebirgen von Südamerika in einer Höhe gedeiht, welche die Gerste nicht mehr verträgt. Wird der Bau der Quinoa in nicht zu kleinem Maafsstabe eingeführt, so erlangt man den für diese Gegenden so wichtigen Vortheil, eine bedeutende Quantität grünen Gemüses zu besitzen, und aufserdem in den Saamenkörnern ein Surrogat des Brodtes zu haben.

Ich kann diese Betrachtungen über das Klima von Sitcha im Verhältnifs zum Feld- und Gartenbau nicht verlassen, ohne die Bemerkung hinzuzufügen, dafs nach aller Wahrscheinlichkeit, etwas weiter nach Osten, auf dem Festlande, am Ostabhange des Küstengebirges ein ziemliches Kornland zu erwarten ist, ein Land, in welchem nicht nur die Gerste, sondern auch wohl der Roggen gedeiht. Da das Küstengebirge das Continalklima vom Seeklima scheidet, so müssen die Sommer hier bedeutend wärmer und trockner seyn, und lassen wenigstens einen Feldbau wie im mittlern Finnland erwarten. Nur eine bedeutende Höhe über dem Meere würde diese Erwartung täuschen.

Endlich füge ich noch einige Bemerkungen über den Wechsel der Winde und ihre Einwirkung auf die Witterung hinzu, die nicht sowohl aus den Tagebüchern abstrahirt, als von Herrn v. Wrangell selbst nach seinen Erfahrungen niedergeschrieben sind.

„In Neu-Archangelsk sind die herrschenden Winde „SO. und SW. Wenn der Wind von S. nach SW. „und W. übergeht, so wird er von heftigen Windstö-„fsen begleitet, und die Atmosphäre ist zu Gewittern „geneigt, die häufig im Spätherbst (November) und im

„Winter erfolgen, im Sommer aber fehlen [1]). Geht der „Wind von W. nach NW. über, so heitert sich das „Wetter auf, und anhaltend gutes Wetter ist in Sitcha „immer von NW.-Winden begleitet. Von NW. über „N. nach NO. geht der Wind unter heftigen Stöfsen und „bisweilen anhaltend. Neigt er sich nach O. und geht „er nach SO. über, so erfolgt ohne Ausnahme Regen, „anhaltend feuchte Witterung und bewölkter Himmel. „Besonders anhaltend ist dieser Zustand, wenn der Wind „von S. rückwärts [2]) nach SO. geht. Das Barometer fällt „bei SO.- und NO.-Winden; es steigt bei SW.- und „NW.-Winden."

So viel von dem Klima von Sitcha.

Um nun noch einen vergleichenden Blick auf den übrigen Umfang der Russisch-Amerikanischen Kolonien zu werfen, müssen wir zu dem Einflusse zurückkehren, den die Corfomation der Halbinsel Aljaska ausübt. In einer Länge von mehr als 80 Meilen bildet sie eine ununterbrochene Mauer, welche den Wellen des Nordost- oder in neuern Zeiten sogenannten Berings-Meeres nicht erlaubt, sich mit den Wellen des weiten Busens zu mischen, den die Südsee im Osten von dieser Halbinsel bildet. Eine lange Inselkette setzt dieselbe Scheidewand mit einigen Unterbrechungen fort. Das Wasser jenes Busens im Osten von Aljaska mischt sich also unmittelbar

1) Langsdorff versichert, im Winter sey die Atmosphäre so mit Elektricität geschwängert, dafs man oft auf den Bajonetten mehrere Stunden ein blau-grünliches Licht (das St. Elms-Feuer) sehe. Reise Bd. II, S. 317.

2) Es scheint mir sehr interessant, dafs Hr. v. Wrangell in Sitcha die normale Drehung der Winde von N. durch O. nach S. beobachtete und unbedenklich die entgegengesetzte eine rückgängige nannte, zu einer Zeit, wo Herr Professor Dove in Europa — das Drehungsgesetz der Winde erweisen mufste.

bar *nur* mit dem Wasser aus südlichen Breiten, während das Berings-Meer in derselben Breite nur nach Westen hin einen sehr unterbrochenen Zusammenhang mit der Südsee hat und für sich allein die Temperaturausgleichung mit dem Eismeere durch die Beringsstrafse unterhalten mufs. Zwar haben die meisten Reisenden in dieser Strafse eine nach Norden gehende Strömung bemerkt, es ist aber nicht zu zweifeln, dafs in gröfsern Tiefen ein Rückflufs aus dem Norden seyn müsse. So fand auch Beechey das Wasser in der Tiefe kälter als mehr an der Oberfläche. Hierzu kommt noch, dafs aufser dem Eise, welches aus dem Eismeere kommt und demjenigen, welches die Nordhälfte des Berings-Meeres in jedem Winter selbst erzeugt, der ausgedehnte Schelichow-See und viele grofse Flüsse, wie der Anadyr, der Kwichpack, Kuskokwim und Nuschagack eine Menge Eis in jedem Frühlinge diesem Meere zuführen und also eine ansehnliche Quantität Wärme zum Flüssigmachen dieses Eises verbraucht wird, wogegen von der Ostküste von Aljaska bis zum Columbia hinab aufser dem Kupferflufse kein grofser Strom gefrornes Wasser dem Innern des Landes entführt. Dadurch dafs Aljaska nicht nur, sondern auch ein grofser Theil der Inselkette sehr hoch ist, wird auch die Temperaturausgleichung in den Luftmassen über beiden Meeren gehemmt. Man fühlt daher gewöhnlich, wenn man aus der Südsee durch diese Inselkette in das Berings-Meer fährt, eine fast plötzliche Abnahme der Temperatur und häufig wird man bei der Annäherung an diese Inseln von Nebeln empfangen, die hier an der Gränze zwischen einem kältern und einem wärmern Meere fast beständig sind und nur nach der Richtung der Luftströmungen bald mehr nach Norden, bald mehr nach Süden sich bewegen. Ueberhaupt ist kein Meer so reich an Nebeln als das Berings-Meer. Sie sind hier so häufig, wie das Wasserbecken zwischen Europa und Amerika

sie nur in der Nähe des Eises zeigt [1]). Auch können sie im Sommer kaum fehlen, denn fast von allen Seiten kommt der Wind aus einer mehr erwärmten Luftregion, entweder von dem mehr erwärmten Lande oder von dem anstoſsenden wärmeren Meere, und muſs über der Fläche des kalten Berings-Meeres Nebel absetzen.

Wohl nirgends auf der Erde ist ein so bedeutender Unterschied der Klimate in so geringer Entfernung als auf beiden Seiten von Aljaska. Diese Halbinsel scheidet zuvörderst die waldigen Ufer von den waldlosen. Alle Ufer des Berings-Meeres sind waldlos. Ist diese Waldlosigkeit auch zum Theile dem Einflusse der Seewinde zuzuschreiben, denn im Innern der begränzenden Länder und sogar in dem Becken tiefer Buchten fehlt es nicht an hochstämmigem Baumwuchse, wie selbst in der Tiefe des nördlichen Norton-Sundes und des Anadyr-Thales, so ist doch offenbar, daſs ohne die Kälte der hiesigen Seeluft auch die Uferstriche und Inseln Wald haben würden, wie denn Kadjack an der Ostküste von Aljaska hochstämmigen Baumwuchs hat, die Aleutische Inselkette aber nicht. Auch Aljaska hat noch Baumwuchs, und zum Theil die benachbarte Insel Unimack, die nur durch eine schmale Meerenge von Aljaska getrennt, und nur als abgetheilte Verlängerung dieser Halbinsel zu betrachten ist. Die übrigen Inseln aber tragen nur Gestrüppe. Chamisso erzählt uns, daſs der Sohn eines Russischen Beamten von Unalaschka, auf Unimack gewesen war, dort Bäume gesehen und sogar auf einen geklettert war. Bei seiner Rückkehr suchte er den Bewohnern von Unalaschka zu erklären, was ein Baum sey [2]).

1) Reich an Nebeln ist auch die Küste von Neufundland, wo der kalte Wasserstrom aus der Lorenz-Bay und der warme Golf-Strom sich berühren, wo also ähnliche Verhältnisse wie an der Aleuten-Kette vorkommen.

2) Chamisso's Werke Bd. I, S. 309. Eine andere Quelle habe ich für Unimack nicht. Indessen kann der Baumwuchs dort nur beschränkt seyn.

Eine eben so scharfe und auffallende Gränzscheide bildet Aljaska für die animalische Welt, denn die eine Seite dieser Erdzunge sieht Wallrosse, die Bewohner des Polareises, und die andere: Kolibris, die glänzenden Boten des Südens. An der Nordwestküste von Aljaska ist eine Bank, auf welche jährlich einmal Wallrosse ankommen, an der Südostküste hat man nie ein solches Thier gesehen. Etwas weiter nach Westen sind die Pribylow-Inseln auch Besuchsorte der Wallrosse. Diese Inseln liegen in derselben Breitenzone wie Sitcha, und die eine Insel, St. Georg, ist sogar merklich südlicher als Neu-Archangelsk. Dagegen kommen im Sommer die Kolibris (es ist *Trochilus rufus*) bis in die Bucht von *Cooks*-Inlet vor, wo Aljaska vom Festlande abgeht. Es ist in der That schon merkwürdig, dafs unter demselben Parallelkreise Wallrosse und Kolibris leben, aber noch auffallender, dafs der Verbreitungsbezirk beider nur um wenige Längengrade auseinander liegt, und dafs auf der einen Seite von Aljaska die Wallrosse bis 56° 30′ n. B. herabsteigen, auf der andern die Kolibris bis 60° n. B. im Sommer hinaufgehen.

Für ein anderes arktisches Thier, für den Eisfuchs, bildet Aljaska auch die Gränze. Es breitet sich weiter aus als das Wallrofs, da es noch auf der Aleutenkette gedeiht, besonders im westlichen Theile; aber jenseits Aljaska, auf Kadjack hat man nie einen Eisfuchs gesehen.

Allen Nachrichten zufolge hat der ganze Küstensaum von Sitcha bis auf die Süostküste von Aljaska beinahe einerlei Klima, das Westende der letztgenannten Halbinsel ausgenommen. Der Grund hiervon ist zum Theil die erwähnte Stellung von Aljaska, welche die Wellen des Berings-Meeres abhält, und zum Theil das ansehnliche Küstengebirge, das sich über der Tschugatschen Halbinsel und auf Aljaska besonders erhebt. Es scheidet nicht nur den Einflufs des Landes vom Einflusse des Meeres ab, sondern hat auch die Folge, dafs auf dem

ganzen Küstensaume fast unaufhörlicher Niederschlag von Dünsten ist. Ich glaube daher die anfangs auffallende Erscheinung, dafs das innerste, verengte Ende der Kenaischen Bucht (oder Cooks-Inlet) und die Insel Kadjack allgemein als klimatisch begünstigte Gegenden gerühmt werden, dadurch erklären zu müssen, dafs beide aufserhalb dieses, Nebel und Regen erzeugenden, Bogens liegen. In der That soll im innersten Theile jener Bucht nur selten Nebel seyn, vielleicht weil bei der gekrümmten Form der Bucht die eindringende Luft gewöhnlich den niederzuschlagenden Dampf schon verloren hat, bevor sie das letzte Ende erreicht. Hier hatte der Admiral v. Wrangell Gerste säen lassen und sie wurde reif, obgleich der Acker ziemlich spät bestellt worden war; in Jakutat aber, unter 59° an der Küste, waren frühere, anhaltende Versuche mifslungen. Auch die Insel Kadjack, die auf der andern Seite aus diesem Nebelbogen hervortritt, hat sich dem gewöhnlichen, sehr wohl begründeten Rufe der Inseln entgegen, den Ruhm besonderer Trockenheit erworben. Nur hier gelingt es gewöhnlich das Robben-Fleisch an der Luft zu trocknen, an der Küste des festen Landes höchst selten. Dennoch scheint es, dafs Kadjack nur etwas trockner als der benachbarte Küstenstrich ist, aber den gewöhnlichen Grad von Feuchtigkeit hat, den Inseln in dieser Breite zu haben pflegen. Dieser Meinung war auch Hr. Chlebnikow, und in manchen Jahren wird es nicht möglich, den nöthigen Vorrath von Heu zu trocknen. Den Russen aber, die von Westen über die Inselkette vordrangen und auf Kadjack zuerst gradstämmige Bäume fanden, erschien diese Insel als ein Paradies, und Schelichow beschlofs deshalb, bedeutender Schwierigkeiten ungeachtet, hier den Hauptsitz seiner Compagnie zu gründen. Auch ist sogar neulich wieder die Rede davon gewesen, Sitcha mit Kadjack zu vertauschen. Für das Gedeihen der Viehzucht scheint diese Insel auch in der That viel

günstiger, aber der Kornbau, den Baranow in Kadjack versuchte, gelang doch nicht. Das Getreide, so berichtet man, schofs auf, trug aber keine Körner. Ich weifs nicht, welche Kornart ausgesäet war [1]).

Die Inselkette, welche von Aljaska und Unimack sich nach Westen bis in die Nähe von Kamtschatka erstreckt, hat eine geringere mittlere Temperatur als Sitcha; Winter und Sommer sind noch weniger verschieden, scheinen aber etwas beständiger. Auf Unalaschka ist die mittlere Temperatur nach Weniaminow's Beobachtungen 3°,5 R. = 4°,4 C. [2]) Chamisso fand die Temperatur der Quellen im Anfange des Jahrs = 3°,6 C., hält aber selbst die Beobachtung nicht für genau genug [3]). Derselbe schätzt die Höhe der Schneegränze auf der Aleutenkette zu 3—400 Toisen, Lütke aber fand die Insel Akutan, welche 522 Toisen hoch ist, ohne Schnee, und auf dem Berge Makuschinsk in Unalaschka die Gränze des bleibenden Schnees 550 Toisen über dem Meere [4]). Die mehr nach Süden und Westen gelegenen Inseln mögen ein etwas gröfseres Quantum Wärme besitzen als Unalaschka, und sich hierin Sitcha mehr nähern; überall aber sind Winter und Sommer weniger wechselnd als in Sitcha. Im Sommer erhebt sich das Thermometer selten über + 15° R. und im Winter sinkt es noch seltener unter — 15° R. Gewöhnlich beginnt der Schneefall schon mit dem Anfange des Octobers (auf der Berings-Insel, nach Steller, im November) und das Ende des Aprils bringt noch Schnee, zuweilen noch das Ende des Mai, aber auf der Fläche ist dieser Schnee nicht sehr lange bleibend, obgleich er in den Vertiefungen bis in die Mitte

1) Langsdorff's Reise Bd. II, S. 85. — Lütke *Voyage autour du monde T. I, p.* 134.

2) Lütke *Voyage V. I, p.* 217.

3) Chamisso's Werke Bd. II, S. 249.

4) Lütke *Voyage Vol. I, p.* 250.

des Sommers sich erhält. Es giebt Jahre, in welchen es während des ganzen Winters in Unalaschka regnet. Die Nebel herrschen vorzüglich vom April bis in die Mitte des Juli. Von dieser Zeit bis zum Ende des Septembers ist die heiterste Zeit; auf der Berings-Insel tritt die heitere Zeit einige Wochen früher ein [1]). Es scheint, dafs dann die Nebelregion weiter nach Norden gerückt ist. Im Sommer herrschen nämlich die Südwinde vor, und schieben die Ausgleichung der über dem kältern und dem wärmern Meere schwebenden Luftmassen weiter nach dem Pole zu; im Winter sind die Nordwinde vorherrschend. Dafs schon im Spätherbst die Nebel südlich von der Inselkette herrschen, hat Berings unglückliche Reise gelehrt.

Während dieses Klima den Baumwuchs unterdrückt, ist es dem Graswuchse aufserordentlich gedeihlich. Dieser ist nach Chamisso auf den untern Theilen von Unalaschka so üppig, dafs er dem Wanderer hinderlich wird, das Weidengestrüppe dagegen überragt kaum den Graswuchs, und Lütke sagt, seit Brasilien habe er auf seiner Reise nichts so Freundliches gesehen, als den Graswuchs von Unalaschka. Wenn man die Hügel ersteigt, findet man bald alpinische Flor [2]). Kartoffeln, Rüben und andere Gemüse werden in Unalaschka noch gezogen; eine sehr wohlschmeckende Erdbeere reift, aber an Kornbau ist nicht zu denken.

Die Pribylow-Inseln, obgleich nur wenig nördlicher als Unalaschka, sind doch merklich nordischer. Bis hierher schwimmt im Winter das See-Eis, das zuweilen bis in den Mai bleibt und Eisbären mitbringt. Dicke Nebel herrschen bis gegen das Ende des Sommers hin. Der Graswuchs ist noch schön, aber sehr rasch geht die Strand-

1) Steller in Pallas Neuen nord. Beiträgen Bd. I.

2) Langsdorff's Reise Bd. VI, S. 40, 42. — Chamisso's Werke Bd. I, S. 303. Bd. II, S. 325, 352. — Lütke *Voyage Vol. I, p.* 29.

flor in die alpinische Flor über, die Berggipfel haben nur noch Flechten und an feuchten Stellen Moose und einige Riedgräser. Geschützte Thäler zeigen nicht mehr die üppige Vegetation von Unalaschka. Quellen findet man gar nicht. Der Boden ist also vielleicht schon in der Tiefe gefroren [1]).

Die Insel St. Lorenz, wieder um einige Grade mehr nach Norden gelegen, ist noch viel winterlicher. Als Kotzebue am 10. Juli an diese Insel kam, erfuhr er, dafs erst vor 3—5 Tagen das Eis aufgegangen war und an der Ostspitze fand er noch Eis. Das erinnert an die Cherrie- oder Bären-Insel, südlich von Spitzbergen. Die gesammte Flor ist hoch-alpinisch oder hoch-nordisch und die Nebel sind während der ganzen Zeit, die man hier Sommer nennen könnte, so häufig, dafs sehr oft Schiffe dieser Insel vorbeigefahren sind, ohne sie zu erblicken und es lange gewährt hat, bis sie auf den Karten mit einiger Vollständigkeit gezeichnet werden konnte [2]).

In der Beringsstrafse giebt an der Küste die an den Boden gedrückte Vegetation ein Bild wie auf Spitzbergen und Nowaja-Semlja, obgleich im Innern der Buchten, wegen des Einflusses der ausgedehnten Continente, das Gesträuch mehr in die Höhe geht. Im Innern der Lorenz-Bucht erhebt es sich, nach Chamisso, dem Menschen bis ans Knie, im Innern des Kotzebue-Sundes noch mehr. Ueberhaupt bemerkt Chamisso, dafs Amerika in derselben Breite auch in der Umgebung der Beringsstrafse mehr begünstigt erscheint als Asien. An der Küste dieses Welttheils fand er auch das Wasser kälter. Damit stimmt die Erfahrung der Reiseversuche, welche an der Amerikanischen Küste immer weiter vordringen konnten, als an der Asiatischen, wie denn auch in

1) Langsdorff's Reise Bd. II, S. 24—28. — Cham. Bd. II, S. 358. — Lütke *Voyage Vol. I, p*, 254.

2) In Hinsicht dieses Nebelreichthums übertrifft *St. Lorenz* die *Bäreninsel* sehr.

neuester Zeit die ganze Nordwestspitze von Amerika zur See umfahren ist, die Nordostküste von Asien aber seit Deshnew nicht wieder.

Dieselben Differenzen im Klima und der Vegetation, welche wir auf Unalaschka, den Pribylow-Inseln, der Insel St. Lorenz und der Beringsstrafse, in einer Breite von 10°, gesehen haben, treffen sich in dem Atlantischen Ocean in den Shetländischen Inseln, Island, der Bäreninsel und Spitzbergen, in einer Breite von fast 20°. Es ist also im Berings-Meere die Abnahme der Temperatur ungefähr zwei Mal so schnell als in dem Wasserbecken zwischen Nordamerika und Nordeuropa.

Als dieser Abschnitt schon dem Drucke übergeben war, erhielt ich von dem Admiral v. Wrangell noch einen von dem Kreolen Tschitschenew geschriebenen Aufsatz über die Insel St. Paul, auf welcher er über ein Jahr zugebracht hatte, nebst einem meteorologischen Tagebuche mitgetheilt, in welchem Morgens und Abends das Wetter aufgezeichnet ist, Was in diesem Aufsatze über das Klima gesagt wird, bestätigt im Allgemeinen, was oben über das Vorrücken und Zurücktreten der Nebelregionen bemerkt ist. Der Spätherbst scheint hier nämlich heiterer als der Sommer. Zwar wird gesagt, dafs auch im Sommer Ost- und Nordostwinde vorherrschen. Das Tagebuch weist aber nach, dafs eigentlich Südostwinde im Sommer die häufigsten sind.

Tschitschenew sagt vom Klima von St. Paul Folgendes:

„Im Sommer sind die Winde gewöhnlich sanft und gleichmäfsig, meistens östliche und nordöstliche (nach dem Tagebuche waren aber, wie gesagt, die südöstlichen Winde die häufigsten) mit Nebel und Regen. Helle Tage sind selten; auf dem Meere sieht man aber immer Nebel und

zuweilen Wolken, auch an hellen Tagen." Das heifst wohl, auch wenn auf der Insel helles Wetter ist.

„Im Herbst fangen Nordwinde an zu wehen, bald heftige, bald schwache, Regen fallen seltner; bei Nordwinden friert es am Morgen; der Herbst währt bis zum November."

„Im Winter wehen Nordwinde, die meistens heftig, selten mittelmäfsig sind. Die Kälte ist gemäfsigt, aber wenn Eis anschwimmt, so verstärkt sie sich zuweilen bis 18° R. und mehr; wenn jedoch der Wind nach Ost und Südost übergeht, so wird der Frost gelinder und geht in Regen über. Wenn die Nordwinde zwei Wochen anhaltend wehen, so legt das Eis sich an die Küste und wird so zusammenhängend, dafs man gar keine Lücken in demselben sieht. Es bleibt dann so lange, bis der Wind anhaltend aus Süden oder Südosten weht (d. h. bis zum Frühlinge oder Anfange des Sommers). Wenn aber die Winde wechseln, so wird auch das Eis hin und her getrieben. Der Schnee liegt im Winter tief. Wenn kein Ostwind eintritt, so bleibt er bis in den Mai; wenn aber auch nur zwei Tage nach einander der Wind von Süden oder Osten kommt, so schmilzt der Schnee völlig weg."

„Im Frühlinge sind die Winde mäfsig mit Stöfsen. Selten ist es hell; häufig fällt nässender Schnee oder Regen, oder das Wetter ist neblig oder trübe. Bei Nordwinden tritt auch im Mai Schnee und Frost ein."

„Im Winter giebt es Nordlichte bald mit, bald ohne Geräusch [1]). Die Bewohner der Insel behaupten, dafs

1) Diese Beobachtungen sind vom Juli 1832 bis zum Juli 1833 gemacht worden. Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dafs die nördlichen Bewohner Rufslands von dem Geräusche, das zuweilen beim Nordlichte gehört wird, wie von einer ganz bekannten und unbestreitbaren Thatsache sprechen. Eben so einstimmig sind sie aber auch darin, dafs das Geräusch nur *zuweilen* gehört werde. Die Wallrofsfänger, welche auf Nowaja-Semlja überwintern, versichern,

es dort keine Gewitter gebe, allein am 28. und nochmals am 30. Juli a. St. waren Gewitter zu hören."

Indem ich das Tagebuch durchsehe', finde ich im Juli a. St. unter 60 Notirungen nur einmal helles Wetter angegeben, jedoch mit dem Zusatze, dafs auf dem Meere Nebel war, vier Mal ist angegeben, dafs die Sonne zuweilen durchblickte. An 55 halben Tagen war sie also, wie es scheint, gar nicht zu sehen gewesen. — Der Juli des Jahres 1837 hatte nur sieben halbe Tage, an denen die Sonne sich zuweilen sehen liefs. Im Jahre 1832 aber sind 14 solche halbe Tage und 8 halbe Tage, an denen der Sonnenschein anhaltend war, notirt. Im August ist nur einmal abwechselnder Sonnenschein angegeben, im September aber 18 Mal abwechselnder Sonnen-, Sternen- oder Mondschein und 3 Mal anhaltender. Der October hat noch etwas mehr Sonnenschein, am meisten aber der März und die ersten Tage des Aprils.

es sey zuweilen so laut, dafs die Hunde davon unruhig würden und zu bellen anfingen. Sie vergleichen es mit dem Laut, welchen man hört, wenn man grofses Holz, nachdem es gespalten ist, von einander reifst. Nur ein Nordlicht habe ich mit Herrn Lehmann in Nowaja-Semlja im August beobachtet. Wir konnten auch in der tiefsten nächtlichen Stille nicht den mindesten Laut hören.

V. *Ueber Acechlorplatin, nebst Bemerkungen über einige andere Produkte der Einwirkung zwischen Platinchlorid und Aceton;*

von W. C. Zeise.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den Schrift. der K. dän. Akad. der Wissenschaften. Vorläufige Notizen von dieser Arbeit wurden bereits in dies. Ann. Bd. XXXXV, S. 332 und Bd. XXXXVII, S. 478 mitgetheilt.)

Bei der Wirkung zwischen Platinchlorid und Alkohol entsteht, wie ich schon vor einigen Jahren gezeigt habe, eine Verbindung von 2 Atomen Platinchlorür und 1 Atome Aetherin (oder, wenn man will, von 1 At. Platinchlorür und 1 Doppelatome Aelayl), — wie es scheint, wesentlich dadurch, daſs 4 Atome Chlor, 2 Atome Sauerstoff an 1 Atom Aetherin überführen, während ein anderes Atom Aetherin, oder 2 Doppelatome Aelayl, von den dadurch erzeugten 2 At. Platinchlorür aufgenommen werden.[1]) Daſs auch andere organische Körper als Alkohol in Wechselwirkung mit dem Platinchlorid treten könnten, war wahrscheinlich. Die, welche zuerst und vornehmlich des Versuches werth zu seyn schienen, waren Holzgeist und Essiggeist, oder, wie letzterer jetzt gewöhnlich heiſst, Aceton. Ich machte daher den Anfang mit diesem.

Dieser Stoff, dessen Elementar-Zusammensetzung $C^3 H^6 O$ ist, entsteht bekanntlich, wenn ein essigsaures Salz, namentlich das Baryt- oder Kalksalz, der trocknen Destillation unterworfen wird. Die Eigenschaften und Verhaltungsweisen des Acetons haben in gewisser Hinsicht eine Aehnlichkeit mit denen des Alkohols und das nicht bloſs in den sogenannten physischen, sondern auch in den eigentlich chemischen. Das Aceton giebt nämlich,

1) Ann. Bd. XXXX, S. 234. P.

nach Kane [1]), bei der Einwirkung von Schwefelsäure in verschiedenem Mengenverhältnifs, Stoffe, deren Zusammensetzungen von der des Acetons dadurch abweichen, dafs sie die Bestandtheile von 1 Atom oder von 2 Atomen Wasser weniger als das Aceton enthalten, eben so wie die Produkte, welche der Alkohol giebt, unter gleichen Umständen von diesem abweichen; so dafs der Stoff, welcher gegen das Aceton dasselbe zu seyn scheint, was das Aetherin oder Aetherol gegen Alkohol ist, aus 6 C $+ 8 H$ besteht (Kane's *Mesitylen*, von Berzelius *Oenol* genannt) und der, welcher scheint dem Aether zu entsprechen (den Kane *Mesityloxyd* und Berzelius *Oenoloxyd* nennt), aus $C^6 H^{10} O$. Auch kann das Aceton, nach Kane, mit Schwefelsäure eine Verbindung erzeugen, die zum Theil der sogenannten Weinschwefelsäure entspricht, und durch Salpetersäure eine andere, die dem Aldehyd zu entsprechen scheint.

Allein unter einigen Umständen zeigt das Aceton ein Verhalten, das sehr abweicht von dem des Alkohols, nämlich bei Behandlung mit Kalium, indem dabei, nach Löwig's Versuchen [2]), wohl Kali gebildet wird, aber nicht, wie beim Alkohol, unter Gasentwicklung; auch bringt es keinen, dem Aether entsprechenden Stoff hervor, wohl aber zwei andere, von denen der eine aus $C + H^2$ besteht. Eben so scheint das Aceton, nach meinen Versuchen, bei der Einwirkung von Kali und Schwefelkohlenstoff keine der Xanthogensäure entsprechende Verbindung zu liefern.

Es fragt sich nun, ob das Aceton sich gegen Platinchlorid übereinstimmend mit, oder abweichend vom Alkohol verhalte; wir werden sehen, dafs in einer Weise beides der Fall ist. Ehe ich indefs zur Beschreibung der hierher gehörigen Versuche übergehe, will ich ein Verfahren angeben, wie man sich am besten Aceton ver-

1) Poggendorff's Annalen Bd. XXXXIV, S. 473.

2) Poggendorff's Annalen Bd. XXXXII, S. 399.

schafft, das bekanntlich kein gewöhnlicher Handelsartikel ist.

Bemerkung über die Darstellung von Aceton.

Kommt es darauf an dasselbe in bedeutender Menge zu erhalten, so ist dessen Bereitung aus essigsaurem Baryt oder essigsaurem Kalk, die wenigstens bei uns, gar keine gewöhnliche Handelsartikel sind, zu beschwerlich und zu kostbar. Noch weniger vortheilhaft ist die Bereitung nach Fremy mittelst Zucker und Kalk [1]). Bleizucker schlechthin anzuwenden, ist eben so wenig passend, weil diefs Salz zugleich eine sehr grofse Menge unzersetzter Essigsäure liefert. *Ein Gemenge von Bleizucker und Kalk* dagegen ist besonders gut geschickt, und da ich mir auf diese Weise eine grofse Menge Aceton mit Leichtigkeit verschafft habe, trage ich kein Bedenken sie als vorzüglich zu empfehlen.

Das Verhältnifs, welches ich am besten befunden, ist 1 Theil gewöhnlichen gebrannten (nicht gelöschten) Kalk auf 2 Thl. krystallisirten Bleizucker. Beide Theile müssen wohl gepulvert und sorgfältig vermengt werden. Kurz nach der Vermengung löscht sich gewöhnlich der Kalk durch das Krystallwasser unter Wärme-Entwicklung und ziemlich starker Bewegung in der Masse; allein, da bei dem Dampf nicht der mindeste Geruch nach Aceton verspürt wird, ohne Verlust an diesem. Das Gemenge kann, während diese heftige Selbst-Erwärmung eintritt, recht gut in ein Destillationsgefäfs gebracht werden, und es ist sogar gut diefs zu thun, da dessen lockerer, aufgeschwollner Zustand, nach der Löschung, die Einfüllung langwieriger und weniger leicht macht. Durch Anwendung von zuvor gelöschtem Kalk diese Wirkung zu vermeiden, habe ich nicht vortheilhaft gefunden, weil man dann, um nicht das Produkt so wasserhaltig zu bekommen, dafs es die folgenden Arbeiten erschweren würde,

1) *Annal. de chim. et de phys. T. LIX, p.* 5.

den Bleizucker zuvor entwässern müfste, was bei gröfseren Mengen vollkommen so beschwerlich ist, als das Pülvern des Kalks. Die bekannten eisernen Flaschen, worin Quecksilber versandt wird, sind sehr geschickt zu dieser Destillation; man kann darin die Arbeit mit 4 Pfund Bleizucker vornehmen. Die Flasche legt man fast horizontal in den Ofen, doch mit der Mündung etwas aufwärts; in diese schraubt man ein kurzes, etwas herabgebogenes Eisenrohr, verkittet dessen Fuge mit einem mit Wasser zu einem Teig angerührten Gemenge von 2 Thl. Kalk, 1 Thl. Sand und etwas Kochsalz, setzt daran ein langes, weites, mit einem Ende gegen das Eisenrohr aufwärts gebogenes Glasrohr, umgeben von einer blechernen Kühlröhre, in der man einen eben aufsteigenden Strom kalten Wassers unterhält, und läfst das Glasrohr in eine ganz mit Eis umgebene Vorlage gehen. Die Hitze wird langsam verstärkt, erst am Ende bis nahe zum Glühen. Das rohe Destillat ist ein Gemenge von Aceton, Wasser und (doch in ziemlich geringer Menge) zwei ölartigen, weniger als Aceton flüchtigen, Körpern, von denen der eine vermuthlich Kane's *Dumasin* ist.

Daraus wird das reine Aceton ausgeschieden, indem man es mit etwas Chlorcalcium zusammenschüttelt, und darauf das Ganze auf einem Wasserbade destillirt, bis selbst beim Kochen des Wassers nichts sonderlich mehr übergeht. Auf der zurückgebliebenen Lösung von Chlorcalcium schwimmt dann ein Theil jenes Gemenges wie ein ölartiger Körper. Aber auch das Destillat enthält einen Theil davon, und überdiefs noch etwas Wasser. Zur vollen Reinigung läfst man es noch einige Tage mit einer grofsen Menge grob gestofsenen Chlorcalciums unter bisweiligem Umschütteln stehen, giefst es ab und unterwirft es darauf für sich abermals einer Destillation auf dem Wasserbad, solchergestalt, dafs man die ersten drei Viertel für sich auffängt, die gewöhnlich vollkommen reines Aceton sind, und darauf ungefähr die Hälfte des Re-

stes, die meistens so viel von dem ölartigen Körper enthält, dafs sie mit Wasser eine schwache Trübung giebt, und daher, nöthigenfalls, abermals rectificirt werden mufs [1]). — Aus dem Rückstand scheidet sich auf Zusatz von Wasser eine ziemlich bedeutende Menge des ölartigen Körpers. — Von 8 Pfund Bleizucker erhält man auf diese Weise 20 bis 22 Loth vollkommen reinen Acetons.

Von der Wirkung zwischen Platinchlorid und Aceton im Allgemeinen.

Reines und wohlgetrocknetes Platinchlorid löst sich in wasserfreiem Aceton schnell und reichlich unter merkbarer Wärmeentwicklung. Die Auflösung, die zuerst eine röthlichbraune Farbe hat, wird ziemlich bald schwarzbraun und so stark gefärbt, dafs sie selbst bei etwa 12 Thl. Aceton gegen 1 Thl. Chlorid undurchsichtig erscheint.

Unter der Voraussetzung, die sich indefs späterhin als unrichtig erwiefs, dafs zur Einleitung einer gehörig lebhaften Wirkung zwischen Aceton und Platinchlorid, dieselben Umstände, wie zur Wirkung zwischen Alkohol und Platinchlorid, erforderlich seyn würden, unterwarf ich eine Auflösung von 1 Thl. Chlorid in ungefähr 10 Thl. Aceton einer Destillation bis zur Syrupsdicke. Das Destillat, welches reich an Salzsäure war, gofs ich zurück, setzte überdiefs etwas Aceton hinzu, und wie-

1) Für diese und ähnliche Destillationen zur Scheidung von ungleich flüchtigen Flüssigkeiten bediene ich mich mit Vortheil eines langhalsigen Kolbens, verbunden durch einen Korkring mit einem weiten Glasrohre von nebenstehender Gestalt. Die Abkühlung in dem erweiterten Theil bewirkt besonders ein Zurückfliefsen des weniger Flüchtigen. Für gewisse Fälle kann es nützlich seyn, diesen Theil mit einer Blechhülle zu umgeben, die ein Abkühlungsmittel von passender Temperatur enthält.

derholte die Destillation bis zu demselben Punkt. Gasentwicklung fand nicht statt.

Dem von mir bei der Behandlung des Platinchlorids mit Alkohol angewandten Verfahren weiter folgend, setzte ich nun Wasser zu dem Rückstand, in der Erwartung, dadurch auch hier wenigstens den gröfsten Theil aufgelöst zu erhalten. Allein das Verhalten war hier anders: es blieb nämlich der gröfste Theil der Masse ungelöst als ein schwarzbrauner theerartiger Körper, während sich etwas mit röthlich brauner Farbe auflöste. Als diese Auflösung im klar filtrirten Zustand 10 bis 12 Minuten gestanden hatte, trübte sie sich stark und setzte bald darauf einen gelben, deutlich krystallinischen, aber doch fast pulverförmigen Körper ab. Einige vorläufige Versuche mit diesem Körper zeigten mir bald, dafs er eine besondere organische Platin-Verbindung war, bestehend, wie wir weiterhin sehen werden, im reinen Zustand, aus 1 At. Platin, 2 At. Chlor, 6 At. Kohle, 10 At. Wasserstoff, 1 At. Sauerstoff.

Die schwarzbraune theerartige Masse war, nach Auswaschung mit frischem Wasser, so lange diefs noch Farbe annahm, pech- oder harzartig, bei einer Temperatur, etwas über der gewöhnlichen, weich und so zäh, dafs sie sich zu langen dünnen Fäden ausziehen liefs; dagegen bei einer Temperatur, etwas unter der gewöhnlichen, spröde und von fettglänzendem Bruch. Dieser Körper erwiefs sich auch bald als eine kohlenstoffreiche Platinverbindung; allein durch successives Ausziehen mit stärkerem und schwächerem Alkohol, mit Aether und Aceton, zeigte sich zugleich, dafs er ein Gemenge von mehren Stoffen war.

Das bei Behandlung des Chlorids mit Aceton erhaltene Destillat, welches, wie angeführt, reich an Salzsäure war, hatte einen Geruch, der die Gegenwart von nicht blofs unverändertem Aceton, sondern auch von mindestens Einem andern Stoff verrieth.

Den

Den gelben kristallisirten Körper nenne ich hier *Acechlorplatin*, welcher Name, nach jetziger Sitte in der Chemie, aus den Anfangsbuchstaben der Namen seiner Bestandtheile gebildet ist [1]); den braunen harzartigen Stoff dagegen will ich, Kürze halber, *Platinharz* nennen, wo es nöthig ist, mit dem Zusatz, *roh*.

Bei mehrmaliger Wiederholung dieser Behandlungsweise, unter Anwendung neuer Portionen der Auflösung in etwas verändertem Verhältnifs, erhielt ich stets dieselben Erscheinungen; allein die Menge des gelben kristallischen Körpers, der bald vorzugsweise mein Interesse erregte, wechselte und war stets ziemlich gering (selten über 5 Procent des angewandten Chlorids); auch erhielt ich ihn häufig mit einer gröfseren und geringeren Einmengung von Braun in die Farbe, so wie bisweilen weniger deutlich kristallisirt.

Im wohl getrockneten Zustand war er, bis auf einige schwarzbraune Stäubchen, löslich in Aceton, etwas reichlicher in höherer als in niederer Temperatur. Die Lösung ertrug ohne Veränderung Eindampfen durch Destillation, und beim Erkalten der bis zu einem gewissen Punkt eingedampften Lösung schied sich das Acechlorplatin mit rein gelber Farbe als sternförmig gruppirte kleine Nadeln aus. Erst nach viel weiterer Eindampfung schied es sich mit bräunlicher Farbe aus, während eine braune Mutterlauge zurückblieb, nahm aber, beim Auswaschen mit kleinen Portionen Aceton, leicht eine rein gelbe Farbe an.

Die wässerige Flüssigkeit, erhalten bei der erwähnten Behandlung der zur Syrupsdicke eindestillirten Pla-

1) Rücksichtlich seiner Zusammensetzung könnte man ihn Mesityloxyd-Platinchlorür oder Metaceton-Platinchlorür nennen. Allein theils weil noch keiner dieser Namen für das organische Glied allgemein angenommen ist, theils weil man sich möglicherweise in Zukunft die Zusammensetzungsweise anders vorstellen könnte, gebe ich hier wie überall in ähnlichen Fällen einem in dieser Hinsicht nichts bedeutenden Namen den Vorzug.

tinauflösung (der *rohen Mutterlauge*, wie ich sie der Kürze halber nennen will) mit Wasser, gab, nach abermaliger Abfiltration von dem Acechlorplatin, welches sich im Laufe eines etwa 30stündigen Stehens (fast gleichgültig ob in einem offenen oder verschlossenen Gefäfse) ausgeschieden hatte, etwas mehr Acechlorplatin; und auch diese Ausscheidung setzte sich mehre Tage lang fort. Allein diese späteren Portionen wurden stets von mehr und mehr dunkelbrauner Farbe erhalten; und bei einer Reinigung mittelst Lösung in Aceton u. s. w. wurde davon gewöhnlich nur eine geringe Menge in reinem Zustand erhalten.

Nachdem die rohe Mutterlauge, beim Stehenlassen unter gewöhnlichen Umständen nichts sonderlich mehr mit braungelber Farbe gab, wurde sie im Vacuo über Schwefelsäure und Kalihydrat eingedampft, und dadurch endlich eine an Salzsäure sehr reiche syrupsdicke braune Masse erhalten, welche, mit Wasser angerührt, abermals eine Portion Platinharz gab, nebst einer braungelben Lösung, die gleich der ursprünglichen, beim Stehen Acechlorplatin absetzte, aber gewöhnlich mit braungelber Farbe. Oft glückt es nicht recht, diese Portion schlechthin durch die angeführte Behandlung mit Aceton zu reinigen; denn oft ist nur ein geringer Theil darin auflöslich; dann aber kann die Reinigung auf die Weise geschehen, dafs man sie erst in jenem salzsäurehaltigen Destillat von der Destillation der Platinlösung auflöst, darauf Wasser zusetzt, das auch hier, aber nur in geringer Menge, ausgeschiedene Platinharz durch Filtration absondert und die Lösung hinstellt; man erhält dann nicht selten das Acechlorplatin mit so geringer Einmengung vom Braunen, dafs man die Umkristallisirung fast unterlassen kann. — Diese Behandlung (Auflösung im Destillat u. s. w.) kann auch nicht selten mit Vortheil angewandt werden, wenn, was zuweilen geschieht, ein Theil Acechlorplatin, mehr oder weniger verunreinigt mit Platinharz, sich auf

dem Filter ausgeschieden hat. Das Eigenthümliche der Wirkung des Destillats schreibe ich der darin vorhandenen freien Salzsäure zu, die beiträgt, daſs gewisse Theile des Platinharzes besser aufgelöst und zurückgehalten werden als vom reinen Aceton; aber dabei wird auch etwas mehr Acechlorplatin zurückgehalten, als bei Anwendung des Acetons für sich.

Beste Bereitungsart des Acechlorplatins.

Wie leicht zu erachten, ist die Bereitung jenes gelben kristallinischen Körpers, wenn man davon eine zu einer gründlichen Untersuchung hinreichende Menge verlangt, ziemlich mühsam, und wenn ich nicht eine andere Darstellungsweise gefunden hätte, die ihn reichlicher und leichter gab, würde ich mich genöthigt gesehen haben, die Versuche damit sehr einzuschränken. Dazu kommt, daſs jene Darstellung mit Hülfe von Wasser es zweifelhaft machen kann, ob das Acechlorplatin ein ursprüngliches Produkt der Wirkung zwischen Platinchlorid und Aceton sey, oder eigentlich erst durch Einwirkung des Wassers auf eins oder das andere der ursprünglichen Produkte entstehe. Ich glaubte indeſs jene Bereitungsart, als Beitrag zur Aufhellung der hieher gehörigen Erscheinungen, so ausführlich wie es geschehen, erzählen zu müssen.

Allein Platinchlorid und Aceton geben Acechlorplatin ohne Zutritt von Wasser, und man kann es ohne Hülfe von Wärme erhalten, wenn man beachtet, das Chlorid zuerst mit nur so viel Aceton anzureiben, daſs daraus eine breiartige Masse entsteht, und darauf in einer wohl verstöpselten Flasche (mit weiter Oeffnung und eingeriebenem Stöpsel) 30 bis 40 Stunden stehen zu lassen. Beim Anreiben stellt sich in der Masse bald eine ziemlich starke Selbsterwärmung ein, und es entwickelt sich ein Stoff, der die Augen stark reizt, doch ohne schädliche Folgen; auch merkt man bald am Ge-

ruch die Bildung von Salzsäure in grofser Menge. Die schwarzbraune, anfangs gleichförmige, aber dickflüssige Masse nimmt im Laufe von etwa 24 Stunden eine grützartige Beschaffenheit an, während sich, besonders am Boden der Flasche, eine braune kristallinische Masse absetzt.

Wenn diese, nach Abgiefsung des noch Flüssigen, auf einem Filter mit Aceton in kleinen Portionen ausgewaschen wird, so geht die Farbe, beim Fortwaschen des braunen Stoffs, allmälig in Gelb über. Die abgegossene Mutterlauge giebt oft, nach 24stündigem Stehen in einer zugepfropften Flasche, noch eine Portion kristallinischen, braungefärbten Acechlorplatin, die, beim Auswaschen mit Aceton ziemlich leicht mit gelber Farbe erhalten wird. In dieser zweiten Mutterlauge ist noch eine Portion, die nicht zum Auskristallisiren gebracht werden kann. Diese erhält man am besten auf die Weise, dafs man die Lösung durch Destillation eindampft, bis sie die Steife eines dicken Syrups hat, darauf hurtig in eine Abdampfschale giefst, mit etwas Aceton ausspült, und nun das Ganze (wenn man will, erst auf dem Wasserbade etwas erwärmt) neben Schwefelsäure und Kalihydrat unter die Glocke einer Luftpumpe bringt, wo man es nun in einer allmälig mehr und mehr verdünnten Luft stehen läfst (denn durch ein zu schnelles Auspumpen würde natürlich leicht eine heftige Bewegung in der Masse eintreten) bis Alles eine feste, firnifsartige, spröde Masse geworden ist. Bringt man nun diese, gepulvert mit Aceton zu einem mäfsig dicken Brei angerührt, auf ein Filtrum, so bleibt, nach gehöriger Auswaschung mit Aceton, Acechlorplatin mit rein gelber Farbe zurück. — Die bei diesen Auswaschungen erhaltene schwarzbraune Flüssigkeit giebt ebenfalls, nach Eindampfen durch Destillation fast bis zur Trockne, eine Masse aus der man, durch passende Auswaschung mit Aceton eine Portion ziemlich reinen Acechlorplatin erhalten kann

Da aber durch die Wechselwirkung zwischen Platinchlorid und Aceton, aufser dem Acechlorplatin und dem in Aceton noch löslicheren schwarzbraunen Körper, auch, obschon in geringer Menge, ein in säurefreiem Aceton unlöslicher Stoff entsteht, so mufs man das durch Auswaschen gereinigte Acechlorplatin mit Aceton warm digeriren (am besten in einem langhalsigen Kolben auf dem Wasserbade und unter öfterer Bewegung) und darauf die gesättigte Auflösung heifs filtriren, in eine Flasche mit weiter Mündung, versehen mit einem Glasstöpsel; beim Erkalten schiefst das Acechlorplatin vollkommen rein an. Durch ähnliche Auflösung einer neuen Portion Salz in der abgegossenen Mutterlauge und Förderung dieser Lösung bis zum ersten Anschufs, kann man noch eine Portion in den kristallisirten Zustand bringen und so öfter.* Man erhält indefs stets nur kleine Kristalle; und da der Unterschied der Löslichkeit des Acechlorplatins in kochendem und kaltem Aceton nicht grofs ist, so ist es doch gewöhnlich vortheilhafter, die Auflösung geradezu fast bis zur Trockne einzudestilliren, das Braungefärbte fortzuwaschen, und das Destillat zur Auflösung von mehr anzuwenden, dann diese Auflösung wieder einzudestilliren und so fort. — Durch diese letzte Bereitungsweise kann man ungefähr 20 Procent des angewandten Chlorids an Acechlorplatin erhalten.

Eigenschaften des Acechlorplatins.

Das Acechlorplatin ist im wohlgetrockneten Zustand ohne Geruch, und von metallischem, herbem Geschmack. In eine Lichtflamme gebracht, verbrennt es mit etwas grünlicher Flamme und hinterläfst metallisches Platin. Es läfst sich im Oelbade bis 195° erwärmen, ohne durch Geruch oder Farbe Zeichen von Zersetzung zu geben; bei einer Temperatur des Bades von etwa 200° (genau, wie es scheint, 203°) beginnt es sich zu schwärzen und einen säuerlich erstickenden Geruch zu geben. Bei 225° des

Bades ward es, in einem Versuche, unter Entwicklung von Gas und Dampf von einem sauren, aber zugleich eigenthümlichen Geruch, in einen schwarzen Körper verwandelt; nach und nach bis etwas über 300° erhitzt, schien es keinen Geruch mehr zu geben, nur bei darauf folgender Erhitzung in offenem Feuer bis zum Glühen kam nur noch eine Zeitlang ein saurer Geruch zum Vorschein. Der Rückstand ist gleichmäfsig schwarz und zeigt selbst unter dem Vergröfserungsglas keine Einmengung von metallischem Platin. Bringt man die stark erhitzte Masse schnell an freie Luft, so geräth sie in Brand, und verglimmt zunderartig zu metallischem Platin. Uebrigens mufs angeführt werden, dafs bei Zerstörung dieses Stoffs kein Schmelzen geschieht und sich auch kein Brausen oder Aufblähen der Masse zeigt.

Das Acechlorplatin wird nur in sehr geringer Menge vom Wasser gelöst. Die anfangs gelbe Lösung wird beim Stehen nach einigen Stunden braun; auch nimmt das Acechlorplatin, welches unaufgelöfst mit Wasser stehen bleibt, eine bräunliche Farbe an. Erwärmt man es mit Wasser, so wird es schnell erst braun und darauf schwarz, dabei Produkte gebend, von denen weiterhin mehr. Aether löst nur wenig Acechlorplatin; Alkohol, besonders bei Erwärmung, löst etwas mehr und giebt es beim Erkalten unverändert kristallisirt. Weit reichlicher und mit gelber Farbe wird es vom Aceton gelöst; doch löst 1 Thl. Aceton, bei gewöhnlicher Temperatur, kaum über $\frac{1}{30}$, und nur etwas mehr bei höherer. Bevor Wasser hinzukommt, reagirt die Lösung nicht sauer. Salzsäure, selbst concentrirte, wirkt nur in erhöhter Temperatur darauf; die saure Auflösung erträgt Siedhitze ohne merkbare Veränderung. Kalilauge löst das Acechlorplatin vollständig, aber mit brauner Farbe, also im veränderten Zustand. Bei Erwärmung damit, oder mit Baryt oder Kalk, auf trocknem oder nassem Wege, so wie mit Ammoniak, als Gas oder wässrige Auflösung, mit Alkohol,

mit Aceton zeigen sich Erscheinungen, die späterhin angeführt werden sollen. Läfst man eine Lösung von Acechlorplatin in Aceton in einem zugepfropften Glase mit Kupferdrehspänen stehen, so überziehen sich diese innerhalb 6 bis 8 Stunden mit einer dicken Lage eines schwarzbraunen Körpers; bei Zusatz von noch so wenig Salzsäure geschieht diefs in wenig Augenblicken und mit Gasentwicklung. Auch mit Quecksilber geschieht die Reduction, und damit erhält man anfangs ein weifses Amalgam, aber nach etwas längerem Stehenlassen scheidet sich ein schwarzes Pulver ab, und das Quecksilber zeigt sich nun zum Theil wieder in seinem flüssigen Zustand. *Phosphor*, in eine gesättigte Lösung des Acechlorplatins und Aceton gebracht, läuft sogleich schwarzbraun an und die gelbe Flüssigkeit wird schnell mehr und mehr dunkelbraun. Im Laufe von etwa einer halben Stunde wird sie schwarzbraun und setzt darauf in grofser Menge einen röthlich braunen schlammartigen Körper ab, während die Flüssigkeit sich fast entfärbt. Ich gedenke diefs Verhalten näher zu untersuchen.

Setzt man zu einer Lösung des Acechlorplatins in Aceton ein Gemenge von Aceton und salpetersaurem Silberoxyd in Wasser (welche Flüssigkeit nur schwach fahl ist) oder fügt man die Acechlorplatin-Lösung zu dieser Flüssigkeit, so erhält man in demselben Augenblick eine sehr reichliche Ausscheidung mit rein gelber Farbe; allein im Laufe einiger Minuten erhält das Ganze eine schwarzbraune Farbe, selbst bei langem Stehen bleibt es trübe. — Starke Salpetersäure zur Acechlorplatin-Lösung gesetzt, bewirkt keine Veränderung. Auch erhält man im Wesentlichen jenes Phänomen, wenn man zu der stark milchigen Flüssigkeit, die durch Vermischung einer wässrigen Lösung von schwefelsaurem Silberoxyd mit Aceton entsteht, eine acetonische Auflösung von Acechlorplatin hinzusetzt.

Eine wässrige Lösung von Chlorkalium und Chlor-

natrium nimmt Acechlorplatin mit gelber Farbe auf, selbst bei gewöhnlicher Temperatur in weit gröfserer Menge als Wasser allein; bei erhöhter Temperatur löst es sich noch reichlicher darin, und diese Lösung erträgt langwieriges Sieden ohne das mindeste Zeichen von Zersetzung zu zeigen; ein Verhalten, das die Entstehung einer Doppelverbindung anzudeuten scheint. Die Verbindung ist jedoch hier weit weniger beständig als zwischen jenen Chloriden und dem brennbaren Chlorplatin (beim Alkohol), und unterscheidet sich möglicherweise auch in anderer Hinsicht davon; ich habe mir über diesen Punkt noch keine befriedigende Aufklärung verschaffen können.

Zerlegung des Acechlorplatins.

Das wohl an der Luft getrocknete Acechlorplatin verliert bei längerem Verweilen weder in einer Temperatur von etwa 180° noch im Vacuo über Schwefelsäure etwas am Gewicht, und ist folglich als wasserfrei, wenigstens als frei von Kristallwasser anzusehen.

Da ich allen Grund hatte zu der Annahme, dafs das Acechlorplatin, aufser Platin, wenigstens Chlor, Kohlenstoff und Wasserstoff enthalte, und es überdiefs nur noch Sauerstoff enthalten konnte, so stellte ich die Analyse desselben folgendermafsen an.

A. 1,3807 Grm. Acechlorplatin, zuvor getrocknet im Vacuo über Schwefelsäure, wurde mit einer grofsen Menge wasserfreien kohlensauren Natrons gemengt, und das Gemenge, in einen Platintiegel gebracht, mit einer Lage kohlensauren Natrons bedeckt, gehörig erhitzt. Die Masse wurde darauf ausgelaugt und mit Salpetersäure übersättigt. Das Ausgeschiedene, auf ein Filter gebracht und gehörig ausgewaschen, so wie dann gehörig lange an der Luft durchgeglüht, wog 0,735 Grm. Die Auflösung gab beim Fällen mit salpetersaurem Sil-

beroxyd u. s. w. 1,069 Grm. geschmolzenen Chlorsilbers. Diefs giebt für 100 Thl. Acechlorplatin

Platin 53,2338
Chlor 19,1010.

B. 1,0645 Grm. auf gleiche Weise behandelten Acechlorplatins wurde durch zweckmäfsige Erhitzung im Platintiegel vollständig verbrannt. Der Rückstand war reines Platin und wog 0,5705 Grm. Diefs giebt auf 100 Acechlorplatin

Platin 53,594.

C. 1,689 Grm. Acechlorplatin (hier, wie überall, nach Stehen im Vacuo über Schwefelsäure) gaben, eben so behandelt, 0,911 Grm. Platin, also auf 100:

Platin 53,937.

Die Bestimmung des Kohlen- und Wasserstoffs bewerkstelligte ich durch Verbrennung theils mittelst Kupferoxyd, theils mittelst chromsauren Bleioxyds unter Zusatz von Kupferoxyd. Bekanntlich hat man in neuerer Zeit das chromsaure Bleioxyd als vorzüglich zu Analysen sehr kohlenstoffhaltiger Verbindungen empfohlen, da die Verbrennung des Kohlenstoffs damit leichter als mit Kupferoxyd geschieht, zum Theil als Folge des Umstands, dafs man durch gehörig starkes Erhitzen gegen den Schlufs eine Entwicklung von Sauerstoffgas in der Masse bewirken kann. Für genaue Analysen *chlorhaltiger* organischer Stoffe hat man jenes Salz sogar für unentbehrlich gehalten, weil die Anwendung von Kupferoxyd dadurch einen Fehler mit sich führe, dafs das erzeugte Wasser durch Chlorkupfer verunreinigt werde, folglich die Menge des Wasserstoffs zu grofs ausfalle.

Obschon ich mich bei mehren Gelegenheiten überzeugt habe, dafs man die Analyse eines chlorhaltigen Kohlenstoffs durch Kupferoxyd allein mit vieler Genauigkeit ausführen kann, sobald man nur eine gehörig lange

Vorderlage von Oxyd anwendet und die äufsersten Theile derselben, auf eben zwei Zoll, nicht zum vollen Glühen erhitzt, so halte doch auch ich das chromsaure Bleioxyd für sehr nützlich bei dergleichen Analysen, und machte deshalb, wie erwähnt, bei dieser Gelegenheit Gebrauch davon.

Die Kohlensäure wurde übrigens in Kalilauge aufgefangen und der letzte Rest auf gewöhnliche Weise durch einen Luftstrom ausgetrieben; das Verbrennungsrohr war zu einer herabgehenden Spitze ausgezogen und Korkpfropfen wurden nicht angewandt. Zur Fortschaffung jeder Spur von anhängendem Wasser wurde die eingebrachte Ladung auf wohlbekannte Weise durch Erhitzung im Wasserbade unter Auspumpen getrocknet.

D. 1334 Grm. Acechlorplatin gaben 0,947 Grm. Kohlensäure und 0,3425 Grm. Wasser. Das macht auf 100:

Kohlenstoff	19,6300
Wasserstoff	2,8553.

E. 1,248 Grm. Acechlorplatin gaben 0,8625 Grm. Kohlensäure und 0,3305 Grm. Wasser, auf 100 Thl. also:

Kohlenstoff	19,2210
Wasserstoff	2,9408.

Als Mittelzahl sind folglich durch diese Versuche für 100 Thl. Acechlorplatin erhalten:

	Platin	53,5883
	Chlor	19,1010
	Kohlenstoff	19,4260
	Wasserstoff	2,8980
also	Sauerstoff	4,9867.

Nun ist

$$\frac{53,5883}{1233,260} = 0,04345 \text{ oder } 1$$

$$\frac{19,1010}{221,325} = 0,086299 \quad \text{»} \quad 2$$

$$\frac{19,426}{76,437} = 0,25415 \text{ oder } 6$$

$$\frac{2,898}{6,2398} = 0,46444 \text{ » } 10$$

$$\frac{4,9867}{100,000} = 0,049867 \text{ » } 1.$$

Das will sagen, die elementare Zusammensetzung des Acechlorplatins ist;

				in 100:
1 At.	Platin	=	1233,260	53,6920
2 »	Chlor	=	442,650	19,2710
6 »	Kohlenstoff	=	458,622	19,6660
10 »	Wasserstoff	=	62,398	2,7166
1 »	Sauerstoff	=	100,000	4,3537
			2296,930	100,0000

was, wie man sieht, sehr wohl mit den obigen Erfahrungs-Ergebnissen übereinstimmt.

Angenommen, zu Einem Atom Aceton gehören $6C\, 12H\, 2O$, so differirt davon der Hydroxycarbon-Stoff, der sich mit 1 At. Platinchlorür verbunden hat, durch eine Menge von Wasser- und Sauerstoff, die 1 At. Wasser geben. Nach Kane [1]) entsteht eine solche Verbindung unter andern bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Aceton, und kann dabei in isolirtem Zustand erhalten werden. Was die Zusammensetzung betrifft, so verhält sie sich zum Aceton, wie Aether zum Alkohol. Denkt man sich nun Aceton als ein Hydrat von diesem Acetonaether, oder, wie Kane ihn nennt, Mesityloxyd, folglich als $C^6H^{10}O + H^2O$, so kann die Wirkung zwischen Platinchlorid und Aceton zum Theil so betrachtet werden, dafs 2 Atome Chlor, welche 1 At. Chlorid verloren hat, sich mit 2 At. Wasserstoff von 1 At. Aceton verbinden, so dafs dieser eine eigene Zusammensetzung bildet, bestehend aus $6C + 10H + 2O$, während der so gebildete Chlorwasserstoff ein anderes Atom Aceton

1) Am angeführten Ort.

durch Katalyse in Wasser und Mesityloxyd zerlegt, welches letztere dann mit dem Platinchlorür die neue Zusammensetzung $Pt\,Cl^2 + C^6 H^{10} O$ giebt.

Gleichwie die hiebei erzeugte Platinverbindung in ihrer Zusammensetzung abweicht von der, welche durch Wechselwirkung zwischen Alkohol und Platinchlorid entsteht, unter andern dadurch, daſs das Chlorür darin einen sauerstoffhaltigen organischen Stoff aufnimmt, wogegen der im brennbaren Chlorplatin sich nur mit Kohlenwasserstoff verbindet, so scheint auch nicht Acetonaldehyd gleichzeitig mit Acechlorplatin entstehen zu können, während die Erzeugung des brennbaren Chlorplatin durch Alkohol stets die Bildung von Alkoholaldehyd mit sich führt, denn jenes Aldehyd ist nach Kane: $C^6 H^8 + O^2$.

Allein das Daseyn einer Zusammensetzung $C^6 H^{10} O^2$ ist noch unbewiesen, und wie alle Verhältnisse beim Alkohol eben so gut durch die Annahme, daſs er ein Bihydrat vom Kohlenwasserstoff $C^4 H^8$ sey, als durch die, daſs er ein Hydrat vom Oxyd $C^4 H^{10} + O$ sey, erklärt werden können, so kann man auch das Aceton als ein Bihydrat von Kohlenwasserstoff $C^6 H^8$ oder besser von $C^3 H^4$ betrachten, und hier scheint sogar die letztere Hypothese den Vorzug zu verdienen. Nach Kane giebt es nämlich einen solchen Kohlenwasserstoff (das Mesitylen), der ebenfalls bei Behandlung vom Aceton mit einer gewissen Menge Schwefelsäure erhalten wird. Und wird dann das Aceton zu $C^3 H^4 + H^2 O$ angenommen, so kann das Acechlorplatin betrachtet werden als: $(Pt\,Cl^2 + C^3 H^4) + (C^3 H^4 + H^2 O)$, hervorgebracht dadurch, daſs 2 Atome Chlor, durch Bildung von Salzsäure mit 2 At. Wasserstoff von 1 At. Aceton, an dieses 1 At. Sauerstoff überführt, und damit Acetonaldehyd erzeugt haben, während die Salzsäure durch Katalyse 1 At. Aceton in Wasser und Mesitylen zerlegt hat, welche letztere mit 1 At. des Platinchlorürs und 1 At. unveränderten Ace-

tons das Acechlorplatin giebt; so dafs folglich die Wirkung dargestellt werden kann durch die Gleichung:

$$PtCl^4 + 3(C^3H^4 + H^2O) = Cl^2H^2 + C^3H^4O$$
$$+ [(PtCl^2 + C^3H^4) + (C^3H^4 + H^2O)] + H^2O \,.. \text{[1]}).$$

Hiebei verdient noch, rücksichtlich der Zusammensetzung des brennbaren Chlorplatin beim Alkohol, in Betracht gezogen zu werden, dafs, wenn man in letzterem Aetherin annimmt, dann 2 At. Platinchlorür mit 1 At. desselben vereinigt sind, so dafs diese Verbindung in eine Reihe kommt mit der sogenannten Weinschwefelsäure und damit verwandten Verbindungen; wogegen 1 At. Acechlorplatin, wenn man darin Mesitylen annimmt, auf 1 At. desselben (welches einem At. Aetherin entspricht) nur 1 At. Platinchlorür enthält, aber statt dessen das andere Atom 1 At. Wasserstoff. Vielleicht steht in jedem Fall der Unterschied rücksichtlich der Anzahl dieses Zusammensetzungsgliedes in Verbindung mit der ungleichen Leichtigkeit, mit der sie Verbindungen mit Chlorüren geben; ja ich habe sogar durch mehre hierüber angestellte Versuche (von denen bei einer andern Gelegenheit) Grund zu zweifeln, dafs das Acechlorplatin damit wahre, denen beim brennbaren Chlorplatin entsprechende Doppelverbindungen geben könne.

Was übrigens die Wechselwirkung zwischen Platinchlorid und Aceton betrifft, so entsteht dabei eine zahlreiche Menge Stoffe; aber einige dieser entstehen unzweifelhaft durch eine eigene Wirkung der gebildeten Salzsäure auf eine Portion Aceton und überdiefs vielleicht auf einige der Produkte. Näheren Aufschlufs hierüber erwarte ich durch Versuche mit dem Destillat und dem Platinharz, von denen hier schon einiges am Schlusse gesagt werden soll. Aber zuvor mufs näher betrachtet

1) Statt nach der ersteren Theorie durch die Gleichung: $PtCl^4 + C^6H^{12}O^2 + C^6H^{12}O^2 = PtCl^2 + C^6H^{10}O^2 + H^2Cl^2 + C^6H^{10}O + H^2O$, wobei man die Bildung eines Stoffes annehmen mufs, dessen Daseyn nicht erwiesen ist.



werden, was das Acechlorplatin bei trockner Destillation und bei Destillation mit Wasser giebt.

Platincarburet.

Bei ungefähr 200° wird, wie schon angeführt, das Acechlorplatin zersetzt. Bei 215° begann, in einem Versuch mittelst eines pneumatischen Destillirapparats, eine schwache Gasentwicklung; bei 240° war die Gasentwicklung ziemlich lebhaft und dabei ging eine braungefärbte Flüssigkeit über. Diese blieb bei einer ziemlich langsam bis 275° steigenden Hitze sanft: ein paar Mal zeigte sich im Apparat eine, als ätherartige Streifen herabfliefsende farblose Flüssigkeit. Bei 300° war die Erzeugung von Gas und der braunen Flüssigkeit sehr reichlich. Endlich ward bei diesem Wärmegrad im Oelbade, wovon hier überall die Wärmegrade gelten, sowohl die Gasentwicklung als die Bildung der Flüssigkeit höchst unbedeutend. Nun wurde der Apparat im Sandbade einer bis zum Glühen steigenden Hitze ausgesetzt. Die Gasentwicklung ward dabei wieder lebhaft, und es erschien im Laufe dieser letzten Behandlung vollkommen so viel Gas, als bei der Behandlung im Bade; die Erzeugung der Flüssigkeit war dagegen in dieser Periode weit geringer. Als endlich auch die Gasentwicklung bei lebhafter Glühhitze aufhörte, ward diese abgebrochen. Der Rückstand kam nicht eher an die Luft als bis er vollständig erkaltet war.

Das braune Destillat, welches so reich an Salzsäure war, dafs es sogar stark an der Luft rauchte, gab beim Schütteln mit Wasser einen öligen Körper, der auf dem wässrigen schwamm. Er besafs einen harzigen, aber zugleich ätherischen Geruch. Das Volum dieser ausgeschiedenen Flüssigkeit war bedeutend geringer als das der, aus welcher sie entstand.

Das Gas war ein Gemenge von vieler Salzsäure und einem brennbaren Gase, wahrscheinlich leichtem Kohlen-

wasserstoff; überdiefs fand sich eine Spur von Kohlensäure.

Der Rückstand war schwarz, zusammengesintert, und ohne die geringste Spur von eingemengtem, metallischem Platin. Es zeigte sich bald, dafs er nur Kohlenstoff und Platin enthielt; und die Langsamkeit, mit der er an der Luft verbrannte, deutete schon darauf, dafs er kein blofses Gemenge dieser Stoffe war. Es ist ein wahres Carburet von Platin, eine Verbindung, die man so viel ich weifs, auf andere Weise vergebens hervorzubringen gesucht hat.

Das Gewicht des der Destillation unterworfenen Acechlorplatins betrug 1,689 Grm. Das Gewicht des daraus erhaltenen kohlenstoffhaltigen Rückstands war 1,0205 Grm. und das Gewicht des daraus durch Verbrennung erhaltenen Platins: 0,907 Grm. Es ist also 1,0205 — 0,907 = 0,1135 Grm. das Gewicht des von diesem Kohlenstoffplatin Verbrannten; diefs giebt in 100 Thl.:

Platin	88,878
Kohlenstoff	11,122.

Nun ist

$$\frac{88,878}{1233,260} = 0,072068; \qquad \frac{11,122}{76,437} = 0,14550$$

und

$$\frac{0,14550}{0,072068} = 2,001.$$

Folglich ist das auf diese Weise aus dem Acechlorplatin erhaltene Kohlenstoffplatin = PtC^2 oder eine Verbindung von 1 At. Platin und 2 At. Kohlenstoff.

In einer kleinen Retorte wurden 3,161 Grm. im Vacuo getrockneten Acechlorplatins abgewogen. Die Retorte, verbunden mit einer Vorlage, versehen mit Ableitungsröhre, wurde über offnem Feuer sehr langsam erhitzt, aber zugleich so lange, bis bei anhaltendem heftigen Glühen kein Gas mehr erschien. Die Mündung und der Hals der Retorte, nebst der Röhre, wurden sorgfäl-

tig abgewischt, erst mit Papier, das mit Aceton befeuchtet war, zuletzt mit trocknem Papier. Darauf ward wieder erhitzt und mit Papier abgetrocknet. Nun wurde gewägt, dann wieder erhitzt, und durch die Röhre ausgesogen, alles mit gröfster Genauigkeit. Der erhaltene Rückstand (Kohlenstoffplatin) wog 1,919 Grm. Diefs giebt auf 100 Thl. Acechlorplatin:

Kohlenstoffplatin 60,708.

Jener erste Versuch gab auf 100 Thl. Acechlorplatin:

Kohlenstoffplatin 60,017
die Mittelzahl hievon ist: 60,362.

Nach der Hypothese, dafs dieses Kohlenstoffplatin ist $Pt\,C^2$, sollten 100 Thl. Acechlorplatin geben; 60,347 Kohlenplatin. Da nun 100 Thl. Acechlorplatin, folglich 60,362 Kohlenplatin, enthalten: 53,692 Thl. Platin, so bekommt man auf 100 Thl. Kohlenplatin:

Platin	88,959
Kohlenstoff	11,041.

Die Berechnung giebt:

Platin	88,971
Kohlenstoff	11,029.

Um Gewifsheit darüber zu erhalten, ob jener Rückstand frei von Chlor wäre, versuchte ich eine kleine Portion desselben, sorgfältig gemengt mit fein geriebenem reinen Kalk, stark und lange zu glühen, zog darauf die Masse mit Salpetersäure aus, und setzte salpetersaures Silberoxyd hinzu. Es zeigte sich nur nach längerem Stehen eine höchst unbedeutende Trübung.

Nach der Vorstellung, dafs die Zusammensetzungsweise des Acechlorplatins ist: $[(Pt\,Cl^2 + C^6 H^4) + (C^3 H^4 + H^2 O)]$, wird die Theorie der Erscheinungen bei der trocknen Destillation die: dafs die 2 At. Chlor sich mit 2 At. Wasserstoff des ersten Hauptgliedes verbinden, während 2 Atome Kohlenstoff desselben Gliedes vom

Pla-

Platin aufgenommen werden, und das dritte Atom Kohlenstoff mit den übrigen 2 At. Wasserstoff Oel-Kohlenwasserstoff bildet, welches, durch Wechselwirkung mit dem einen Atom Wasser in dem andern Hauptgliede, Kohlenwasserstoff und Kohlensäure erzeugt; die entstandene Salzsäure geht theils im freien Zustande fort, theils wirkt sie auf das rückständige Mesitylen.

Königswasser wirkt bei Digestion auf jenes Platincarburet. 1,2425 Grm. Platincarburet wurden, bis alle Wirkung aufgehört hatte, mit mehren Portionen Königswasser digerirt, und darauf sehr sorgfältig durch Kochen mit Wasser und zweckmäſsiges Abgieſsen ausgewaschen. Obgleich die Flüssigkeit alle Farbe und saure Reaction verloren hatte, so kamen doch beide beim Eindampfen wieder zum Vorschein; daher denn die Auskochung mit neuen Portionen Wasser wiederholt wurde. Nun zeigte sich beim Eindampfen kein Zeichen von etwas Aufgelöstem. Die ganz eingetrocknete, passend erwärmte Masse wurde nun zum Abkühlen neben Schwefelsäure in ein Vacuum gestellt. Sie wog 0,1535 Grm. und war kohlschwarz. Nun wurde sie im Tiegel verbrannt. Der rückständige und grauschwarze Körper, dessen Gewicht sich auf 0,008 Grm. belief, verhielt sich wie Platin.

1,2425 Grm. Platincarburet hatten also gegeben 0,1527 Grm. Kohlenstoff, was auf hundert 12,29 Kohlenstoff ausmacht. Wahrscheinlich war etwas Chlorplatin zurückgeblieben.

Auch beim Glühen mit Kalkhydrat in einer Retorte giebt das Acechlorplatin einen Rückstand von Kohlenplatin. Das Destillat dabei scheint Aceton zu enthalten, aber überdieſs einen andern Stoff. Wenn die Masse bei steigender Hitze aufgehört hat eine tropfbare Flüssigkeit zu liefern, giebt sie, bei fortgesetzter Erhitzung noch lange ein brennbares Gas: ein Verhalten, das ebenfalls mit jener angenommenen Zusammensetzung übereinstimmt.

Aceplatinoxydul.

Bei Zersetzung des Acechlorplatins mittelst Kochen blofs mit Wasser wird ein kohlschwarzer pulverförmiger Körper erhalten, der wenigstens analog ist mit dem, welcher bei Behandlung des Platinchlorürs mit Alkohol entsteht, und unter mehren Umständen von dem brennbaren Chlorplatin beim Alkohol erhalten wird. Dieser (welchen ich in meiner Abhandlung: *„de chlorido platinae et alcohole vini sese invicem permutantibus etc. Hauniae* 1830“ [1]) *sedimentum platinicum nigrum* nannte) ist vielleicht im wesentlichen eine Verbindung von Platinoxydul und Aetherin; aber da er stets mit mehr oder weniger metallischen Platins gemengt erhalten wird, ist es nicht möglich darüber durch eine Analyse zu entscheiden. Der aus dem Acechlorplatin auf die angedeutete Weise erhaltene ist dagegen gewöhnlich ohne Spur von eingemengtem Platin. Wenigstens will ich ihn bis weiteres *Aceplatinoxydul* nennen.

Gleich wie jenes Sediment verbrennt er bei einiger Erhitzung mit heftigem Knistern und einem gar nicht unbedeutenden Klatsch. Die Entzündung erfolgt sogar, wenn man, nachdem er im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet worden, schnell Luft in die Glocke läfst, und folglich durch die rasche Lufteinsaugung eine Wärmeentwicklung veranlafst. In Luft auf passende Weise mit Alkohol in Berührung gebracht (z. B. in einem Häufchen auf Papier gelegt, befeuchtet mit Alkohol) brennt er auf gleiche Weise ab und setzt gewöhnlich den Alkohol in Brand; reines Aceton oder Aether giebt diese Wirkung nicht. Mit Aceton gab er, zwar nicht sogleich, aber nach 24stündigem Stehen, eine etwas braun gefärbte Flüssigkeit, obschon sich nur wenig aufgelöst haben konnte. Concentrirte Salzsäure gab beim Stehen damit und bei Digestion eine röthlichbraune Flüssigkeit, aber das Pulver war nicht ganz unlöslich darin. Salpetersäure wirkte

1) S. Ann. Bd. XXI, S. 497.

nicht lebhaft darauf. Selbst nach langer Digestion mit Königswasser blieb ein Theil mit gelber Farbe ungelöst, während ein Theil sich mit derselben Farbe löste.

Die Erscheinungen und die näheren Umstände bei seiner Entstehung ersieht man aus folgendem Versuch, wobei ich zugleich das Verhältnifs zwischen der Menge des Products und dem angewandten Acechlorplatin zu bestimmen suchte.

3,8415 Grm. Acechlorplatin wurden mit Wasser angerieben, und zugleich mit mehr desselben (im Ganzen etwa 40 Thl. Wasser gegen ein Thl. Salz) in einen langhalsigen Kolben gebracht; etwas löste sich mit gelber Farbe, aber schon nach einer halben Stunde begann die Lösung einen Stich ins Braune anzunehmen. Am Tage darauf war sie stark braun, und selbst von dem Ungelösten hatte Etwas eine bräunliche Farbe angenommen. Nun wurde der Kolben durch ein Destillationsrohr mit einer Vorlage, die ein Ableitungsrohr hatte, verbunden und durch Anwendung einer starken Chlorcalciumlösung erhitzt. Bei beginnendem Kochen der Flüssigkeit hatte fast Alles eine schwarze Farbe angenommen, und bei Fortsetzung desselben nahm auch das Ungelöste eine schwarzbraune Farbe an. Es zeigte sich kein sonderliches Schäumen und eine Gasentwicklung konnte nicht recht deutlich beobachtet werden. Einige Zeit behielt die über dem Ersten stehende Lösung eine braune, aber nicht starke Farbe; als aber das Kochen, nach paarmaligem Zusatz neuer Portionen Wasser hinreichend fortgesetzt, und einmal fast bis zum Eintrocknen getrieben ward, war die obenstehende Flüssigkeit ganz farblos und klar; das, was sich von dem starren Körper etwa an das Glas geheftet hatte, wurde abgelöst und gehörig in der Flüssigkeit vertheilt und wieder einige Zeit damit gekocht. Die zuletzt über dem kohlschwarzen Pulver stehende Flüssigkeit gab beim Eindampfen einen sehr gerin-

gen Rückstand. Dieser ward dem übrigen Starren hinzugefügt.

Das saure farblose Destillat hatte einen acetonartigen, aber zugleich, wie es schien, einen eigenthümlichen Geruch. Die zuerst erhaltene Portion wurde beim Hinstellen etwas milchig. Aber da das Ganze, das natürlich sehr wasserhaltig war, zu wenig für eine befriedigende Untersuchung betrug, blieb es unbenutzt.

Das schwarze pulverförmige Product wurde auf einem gewogenen Filter mit siedendheifsem Wasser ausgesüfst, bis das Durchlaufende keine Spur von saurer Reaction mehr zeigte. Es wurde nun im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet und darauf die Luft vorsichtig hineingelassen.

Das so erhaltene Aceplatinoxydul wog 2,23 Grm., was auf 100 Thl. Acechlorplatin macht:

Aceplatinoxydul 58,05.

Bei einem neuern Versuch, ähnlich diesem, nur dafs das Pulver in dem zuvor gewogenen Kolben ausgewaschen, und, nach gehöriger Reinigung des Auswendigen, in diesem getrocknet und gewogen wurde, gaben 0,9905 Grm. Acechlorplatin: 0,581 Grm. Aceplatinoxydul, was auf 100 Thl. des ersteren giebt:

Aceplatinoxydul 58,658.
Die Mittelzahl ist also: 58,354.

Und da in 100 Thl. Acechlorplatin an Platin 53,692 sind, so erhält man für 100 Thl. Aceplatinoxydul

Platin 92,01.

Uebrigens hoffe ich baldmöglichst diese interessante Zusammensetzung einer vollständigen Analyse, und das Ganze einer ausführlichen Untersuchung zu unterwerfen.

Ich hoffe um so mehr hiezu im Stande zu seyn, als es sehr wahrscheinlich derselbe Stoff ist, den man, und in reichlicher Menge erhält, wenn man den obenange-

führten wässrigen Auszug von Platinharz, nachdem er Acechlorplatin gegeben, einer Erhitzung aussetzt.

Wenn nämlich die dunkelbraune Flüssigkeit in einem Destillirapparat erhitzt wird, so tritt bald ein lebhaftes Brausen und Schäumen in der Masse ein, während eine salzsäurehaltige Flüssigkeit übergeht, die, aufser unverändertem Aceton, wenigstens einen besonderen Stoff enthält; eigentliche Gasentwicklung habe ich dabei nicht beobachten können. Nach kurzer Zeit hatte sich ein schwarzer pulverförmiger Körper in großer Menge abgeschieden, und nachdem beinahe die Hälfte der Flüssigkeit übergetrieben worden, war der Rest gewöhnlich farblos. Der abgeschiedene, wohl ausgewaschene und getrocknete Körper verhielt sich bei Erhitzung und gegen Alkohol u. s. w. ganz wie jener, der bei Behandlung des reinen Acechlorplatins mit Wasser erhalten wird. Nur ist zu bemerken, dafs man ihn auf diese Weise leicht mit etwas metallischen Platins verunreinigt erhält; diefs ist besonders gegen Ende der Arbeit der Fall, man hat ihn deshalb abzusondern, so wie er sich, während die Flüssigkeit fast farblos geworden ist, ausgeschieden hat.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VI. *Resultate der chemischen Zerlegung des Wassers der wichtigsten Salzseen und Salzbäche in der Kirgisensteppe und der Krym;*

von F. Göbel.

(Entnommen aus dem vom Hrn. Verfasser übersandten Werke: „Reise in die Steppen des südlichen Rufslands, unternommen von Dr. Fr. Göbel u. s. w. (Dorpat 1838) 2 Quartbände mit einem Atlas" — einem Werke, in welchem man über die Naturverhältnisse der betreffenden Gegenden viele wichtige und lehrreiche Aufschlüsse findet.)

P.

In 100 Gewichtstheilen Wasser sind enthalten [1]):

Wasser vom	Chlor-natrium.	Chlor-kalium.	Chlor-magnium.	Schwe-fels. Talk.
Elton-See	13,124	0,222	10,542	1,665
Charysacha am Elton-See	4,0650		0,5200	0,2827
Bitterer Bach am Elton-See	1,6834		0,1646	
Bitterer See unweit des Elton-See	1,0219		Spur	0,2216
Kamysch-Samara-See	0,0283		Spur	
Stepanowa-See	22,4327		0,9051	0,6868
Indersk'scher See	23,9275	0,1014	1,7355	0,3464
Salzbach an diesem See	2,7595		0,0671	
Bittersalz-See am Kigatsch	10,5387		9,9124	8,2201
Bogdo-See	18,9997	0,1992	5,4349	
Salzsee am Arsargar	17,8039		0,1719	0,0765
Rother See bei Perekop in der Krym	17,5045		17,9537	
Salzsee Tusly bei Kosloff	18,12	0,62	5,73	2,3
Das faule Meer od. der Siwasch	14,2011		1,9265	1,2105
Salzsee Tschakrakskoi bei Kertsch	18,1039		4,2011	4,2011

Das Wasser des *Elton-See's* (östlich von der Wolga, unter etwa 49° 5′ N. Br. und 64° ½ O. L. von Ferro,

1) Da die chemische Analyse zu viel Zeit erfordert haben würde, wenn das Wasser eines jeden Salzsee's auf Kali und Brom hätte geprüft werden sollen, und daraus der Wissenschaft auch kein bedeutender Gewinn erwachsen wäre, so ist diefs nur bei den wichtigsten geschehen, da ja der Analogie wegen wohl anzunehmen ist, dafs diese Körper in allen Salzseen sich finden werden.

Schwefels. Kalk.	Brom-magnium.	Chlor-calcium.	Schwefels. Natron.	Quantität der trocknen Salze.	Spec. Gew. bei 14° R.
	0,007			25,656	1,21879
0,1238				5,125	1,03515
		0,2068		2,0548	1,01520
0,1416			0,5992	1,9843	1,01578
0,0367		0,0753		0,1421	1,00097
0,0462				24,0708	1,20749
0,0421	0,0045			26,1575	1,20769
0,2694		0,0559		3,1519	1,03472
				28,6712	1,26881
0,0280	0,0065	0,9889		25,657	1,23650
0,0421				18,0944	1,15176
		1,7661		37,2243	1,33122
0,33				27,10	1,26413
	[1]				1,13988
				27,23	1,26450

6,5 Toisen unter der Wolga bei Kamyschin und 9,6 Tois. über dem Kaspischen Meer) ist neuerdings schon von H. Rose untersucht (Ann. Bd. XXXV, S. 169). In qualitativer Hinsicht weichen die Resultate dieser Untersuchung von denen der vorliegenden nur durch den Bromgehalt ab, den letztere anzeigen, und den H. Rose we-

1) Nebst 0,0362 Schwefelcalcium und Antheilen organischer stickstoffhaltiger Substanzen.

gen der geringen Wassermenge, die ihm zu Gebote stand, nicht hatte ausmitteln können. In quantitativer Hinsicht zeigt sich ein stärkerer Unterschied, der indeſs dadurch erklärlich ist, daſs das Wasser zu jener Analyse im Herbst 1829, zu dieser dagegen im Frühjahr 1834, gleich nach Schmelzung des Schnees, geschöpft ward, und die Bestandtheile des Elton ebensowohl nach den Jahreszeiten wie nach der Temperatur der Luft und des Wassers schwanken.

Die *Charysacha* ist unter den vielen sich in den Elton ergieſsenden Flüſschen, der einzige der im Sommer nicht austrocknet; sie ist wahrscheinlich die Mutter des Eltonsees. Das geringe specifische Gewicht ihres Wassers rührt vermuthlich daher, daſs sie durch den kurz zuvor geschmolzenen Schnee stark angeschwollen war.

Der geringe Salzgehalt des Wassers vom *bitteren Bach* (*Gorkoi-Jerik*), das aus dessen Quellen geschöpft wurde, ist gleichfalls eine Folge der Jahreszeit.

Der *bittere See* (*Gorkoi-Osero*) unweit des Elton-See, zwischen ihm und der Wolga, hat nur einen Umfang von etwa 30 Werst.

Der *Kamysch-Samara* See liegt östlich vom Elton, zwischen 48° und 49° N. Br. und 67° und 68° O. L. von Ferro, und besteht, auſser mehrern kleinen Lachen, aus zwei Seen, wovon der eine den groſsen und der andere den kleinen Usen-Fluſs aufnimmt, zwischen diesen Flüssen, ganz in der Nähe eben genannter Seen liegt der *Stepanowa-Osero*.

Der *Indersk'sche Salzsee*, der für die Uralischen Kosaken von höchster Bedeutung ist, da er ihnen einen groſsen Theil des Salzes liefert, welches sie zum Einsalzen der Fische bei ihren Fischereien im Uralfluſs gebrauchen, liegt 14,5 Werste ostwärts von diesem Fluſs 24 Fuſs über dem Niveau desselben, fast mitten zwischen 48 und 49° N. Br., und 69 und 70° O. L. v. F. Obgleich er, wie der Eltonsee, mit einer Kochsalzdecke versehen

ist, über welcher eine 6 Werschock (10 Zoll) hohe gesättigte Lauge stand, aus der sich fortwährend Kochsalz aussonderte, betrug die Dicke der festen Salzdecke dennoch nur ½ bis 3 Zoll. Im Gehalt an Kochsalz ist dieser See also nicht mit dem Elton-See zu vergleichen, dem er auch nicht an Gröfse gleichkommt, da er, bei fast kreisrunder Gestalt, nur 40,6 Werst im Umfang hat.

Der *Salzsee* am Kigatsch, einem Arme, durch welchen sich die Wolga in das Kaspische Meer ergiefst, gehört zu denen, welche Pallas unter dem Namen *Krasnojar*'sche Salzseen aufgeführt hat, und die, nach ihm, das *Sal astrachanense* liefern. Es giebt in der Nähe des Kigatsch 17 Salzseen, die jetzt unter dem Namen der *Karrduan*'schen begriffen werden (der Name *Karr-duan* ist tartarisch, von *Karr* Schnee und *duan* thauen, und soll davon kommen, dafs auf der hohen Steppe kein Schnee haftet).

In diesem See, wie in den übrigen Seen, lagert einen Fufs mächtig und darüber ein Salz, das wohl dasselbe ist, welches vormals in der Kaiserl. Apotheke zu Astrachan gereinigt und unter dem Namen *sal catharticum astrachanense* verkauft wurde. Es besteht nach Göbels Analyse aus 41,00 schwefelsaurem Natron, 31,18 schwefelsaurer Talkerde, 0,33 Chlormagnium, 1,75 mit Gyps gemengten Sandkörnern und 21,56 Wasser, entsprechend einem Doppelsatz von 1 At. schwefels. Natron, 1 At. schwefelsaurer Talkerde und 4 At. Wasser, wie ein solches, nur mit 6 At. Kristallwasser, Berzelius in der neuesten Auflage seines Lehrbuchs beschreibt.

Der *Bogdo*-See (*Baskunschatskoi Solänoi Osero*) liegt südlich vom Elton See, wie dieser an der Ostseite der Wolga, unter 48 und 48½° N. Br. und 64 bis 64½° O. L. v. F., nordöstlich vom Bogdo-Berg, dem höchsten Berge in der Kaspischen Steppe, dessen aus Muschelkalk bestehende Spitze sich 621 Fufs über das Niveau des Kaspischen Meeres erhebt. Der See hat einen Umfang von 40 Werst.

Der *Salzsee* am *Arsargar* ist nach dem Bogdo-See, von dem er südöstlich liegt, der gröſste und reinste in der Steppe zwischen dem Uralfluſs und der Wolga. Der Arsargar, im Osten des Sees oder vielmehr der Gruppe kleiner Seen, die hierunter begriffen wird, ist eine sanft bis etwa 100 Fuſs über das Niveau der Seen ansteigende trockne Lehmsteppe, von SW. nach NO., 25 Werste lang und 5 bis 6 Werste breit, auf welcher sich 50 bis 70 einzeln stehende Gypshügel von verschiedener Höhe, bis zu 60 Fuſs erheben. Einige derselben sind 100 bis 150 Schritte lang und 20 bis 40 breit, andere dehnen sich um ½ Werst in der Länge aus, viele sind oben kraterförmig eingesunken, und zwischen ihnen giebt es viele Erdfälle mit zu Tage stehendem Gyps. Der Arsargar, mit seinen Gypshügeln und Erdfällen, ist nichts als eine Wiederholung, aber in kleinerem Maaſsstabe, des Inderskischen Gebirges, jenseits des Uralflusses in der Kirgisensteppe, am früher genannten See.

Der Salzsee *Tusly* liegt unfern der groſsen Straſse von Sympheropol, der Hauptstadt der Krym, nach Eupatoria, dem ehemaligen Kosloff, und ist schon seit Jahren durch seine Schlammbäder berühmt, zu denen der salzig schlammige Boden an seinen im Sommer theilweis austrocknenden Rändern benutzt wird.

Der *Siwasch* oder das *faule Meer*, an der Ostküste der Krym, ist von dem Asowschen Meer nur durch eine schmale Landzunge (eine *Nehrung* wie sie an der Ostsee mehrfach vorkommen) getrennt, welche eine Länge von 110 Werst hat, im Süden bei der ehemaligen Festung *Arabat* anfängt und sich bis an die Nogaische Steppe, bis *Jenitsche* erstreckt, wo ein enger Kanal beide Meere verbindet. Seinen Namen hat das faule Meer von seinem abscheuligen Geruch, der Hrn. G. vorkam, wie ein Gemisch von Schwefelwasserstoff- und Sumpfgas mit den eigenthümlichen unbeschreibbaren Ausdünstungen, welche trocken werdende schlammige Ufer von Salzseen aussto-

sen. Auch das Wasser des Sees riecht nach Schwefelwasserstoff, und dieser Geruch entwickelt sich auf Zusatz von Salzsäure noch stärker.

Der *rothe Salzsee* (*Krasnoe - Osero*) liegt zwei Werst von Perekop ziemlich mitten auf der Landenge, welche den *Siwasch* vom *Schwarzen Meer* oder vielmehr von einem Busen desselben, dem *Todten Meer* trennt.

Der See von *Tschakrakskoi* liegt unweit der Stadt Kertsch, hart am Asowschen Meer, von dem er nur durch einen Landstreif von 6 bis 10 Faden Breite getrennt ist, liegt auch im gleichen Niveau mit diesem Meere. Sein Wasser wird auf Kochsalz benutzt, das indeſs bitterlich schmeckt.

VII. *Resultate der Zerlegung des Wassers vom Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meere; von F. Göbel.*

(Aus demselben Werke.)

In 100 Gewichtstheilen Wasser wurden gefunden:

	Schwarzes Meer.	Asowsches Meer.	Kaspisches Meer.
Chlornatrium	14,0195	9,6583	3,6731
Chlorkalium	0,1892	0,1279	0,0761
Chlormagnium	1,3035	0,8870	0,6324
Brommagnium	0,0052	0,0035	Spur
Schwefelsaurer Kalk	0,1047	0,2879	0,4903
Schwefelsaure Talkerde	1,4700	0,7642	1,2389
Doppelt kohlens. Kalk	0,3586	0,0221	0,1705
Dopp. kohlens. Talkerde	0,2086	0,1286	0,0129
Feuerfeste Bestandtheile	17,6663	11,8795	6,2942
Wasser	982,3337	988,1205	993,7058
	1000,0000	1000,0000	1000,0000
Spec. Gew. bei 14° R.	1,01365	1,00970	1,00539

Das Wasser des *Schwarzen* Meeres wurde, fast an der Mitte der Südküste der Krym, fern von Strommündungen, bei Feodosia, aufserhalb der Quarantaine, im Augustmonat geschöpft. Längs dieser ganzen Küste besitzt das Meer eine gesättigt, schwarzblaue Farbe, während das Wasser im Glase farblos und kristallhell erscheint.

Das Wasser des *Asowschen* Meeres wurde auf der Mitte des Meeres zwischen Kertsch und Mariapol, im Juli, bei ruhiger See, 5½ Faden tief, vom Grunde des Meeres geschöpft.

Das Wasser des *Kaspischen* Meeres wurde auf einer eigends dazu, von den Mündungen des Uralflusses aus unternommenen Fahrt, zwei Werst südwestlich von der kleinen Insel *Pischnoi*, 140 Werst südlich von den Hauptmündungen jenes Flusses (etwa unter 48° 50′ N. Br. und 70° O. L. v. F.) vom Boden des an der Stelle 2,5 Faden tiefen Meeres geschöpft, und zwar Mitte Mai's, bei Süd-Südwestwind, der das Seewasser an die Küsten trieb, und vollends alle Einmengung von Uralwasser verhindern mufste. — Das von H. Rose untersuchte Wasser (Ann. Bd. XXXV, S. 183) mufste nothwendig weniger feste Bestandtheile haben, da es nur 75 Werst von der Mündung der Wolga, bei den Vier-Hügel-Inseln geschöpft worden, und also noch mit Wolgawasser vermischt war. Göbel fand den Einflufs des Wolgawassers noch bis 300 Werst östlich vom Ausflufs dieses Stromes und der Achtuba, am nördlichen Ufer des Kaspischen Meeres, sehr merkbar.

VIII. *Beobachtungen über die Temperatur am Grunde des Meeres in der Nähe der Gletscher von Spitzbergen; von Ch. Martins.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Comptes rendus.*)

Diese Beobachtungen wurden auf der letzten französischen Expedition nach dem Norden vom 25. Juli bis 4. Aug. 1838 angestellt. Das Schiff der Expedition, *la Recherche*, lag in der Bucht Bellsund unter 77° 30′ N. und 12° 23′ O. v. Paris vor Anker, zwischen der Küste, von der es etwa 200 Meter entfernt war, und einem etwa 2000 Meter entfernten, ausgedehnten Gletscher, der etwa 4000 Meter breit sein mochte, und sich ins Meer erstreckte, welches ihn, bei etwa +3° bis +4° C. alle Tage am Fuſse abnagte, so daſs sich ungeheure Stücke mit Krachen ablösten und die Bucht mit Eisschollen bedeckten. Zu den Beobachtungen dienten fünf Walferdin'sche Thermometer, die in folgender Tafel durch Nummern unterschieden sind.

No. der Beob.	Abstand vom Gletscher. Met.	Eintauchung der Thermomet. Tiefe Met.	Eintauchung der Thermomet. Dauer.	Temperatur der Luft.	Temperatur des Meeres. Oberfläche.	Temperatur des Meeres. Tiefe.
1	1852	36	1h 20′	+5°,60	+6°,05	No. 1 +0°,91
						- 2 +0 ,88
						Mittel +0°,89
2	150	26	0 30	+2 ,65	+4 ,25	No. 1 +2°,06
						- 2 +2 ,04
						- 3 +1 ,83
						Mittel +1°,97
3	80	52	1 00	+4 ,15	+1 ,45	No. 4 +0°,19
4	1852	36	1 00	+3 ,65	+4 ,85	No. 2 +1°,31
						- 3 +1 ,32
						- 4 +1 ,39
						- 5 +1 ,31
						Mittel +1°,31
5	80	55	0 35	+2 ,65	+2 ,05	No. 2 +0°,12
6	1852	36	1 40	+1 ,65	+2 ,40	No. 1 +0°,50
						- 2 +0 ,64
						Mittel +0°,57

Aus diesen 6 an verschiedenen Tagen gemachten Beobachtungsreihen geht hervor, dafs die Temperaturdifferenz zwischen oben und unten im Meere, bei gleicher Tiefe und gleichem Abstande vom Gletscher nicht ganz gleich ist an verschiedenen Tagen, dafs aber durchschnittlich eine Seemeile (Mille = 1852 Meter) vom Hauptgletscher des Bellsundes die Temperatur an der Oberfläche des Meeres + 3°,50 C., und am Boden + 0°,84 C. war.

IX. *Ueber die Depolarisation des Lichts durch lebende Thiere.*

Durch Brewster's Beobachtungen über das Depolarisationsvermögen der Fischaugen und anderer thierischen Substanzen veranlafst, hat Hr. J. F. Goddard, Lehrer der Optik an der *Royal Gallery of Practical Sciences* in London, das Verhalten verschiedener Stoffe gegen polarisirtes Licht geprüft, und dabei gefunden, dafs nicht nur die *Oberhaut des Menschen, Schnitte von Menschenzähnen, Fingernägel, Fischgräten*, eine sogenannte Depolarisation ausüben, sondern auch sogar *lebende Thiere*, nämlich die Larve und Puppe einer Mückengattung (*Corethra plumicornis*), die man in grofsen klaren Teichen findet, wenn sie vorkommt, in grofser Menge, sonst aber keineswegs häufig. Um die Eigenschaft zu beobachten, mufs man das Thier in Wasser dem polarisirten Licht aussetzen. Liegt es mit Kopf und Schwanz in der ursprünglichen Polarisationsebene oder senkrecht darauf, ist nichts zu erblicken; macht es aber mit jener Ebene einen Winkel von 45°, so wird es auf die glänzendste Weise erleuchtet und gefärbt, so dafs man die innere Structur erkennen kann. Der Rogen einiger gröfseren Fische und einige kleine durchsichtige Seefische verhalten sich ebenso (*Phil. Mag. Ser. III, Vol. XV, p.* 192).

X. *Resultate der zu Plymouth fünf Jahre lang stündlich angestellten Thermometerbeobachtungen.*

Im 42sten Bande dieser Annalen gaben wir eine Uebersicht der auf Veranstaltung und Kosten der Britischen Naturforscher-Versammlung in den Jahren 1833 und 34 zu Plymouth angestellten Beobachtungen zur Ermittlung des täglichen Ganges der Luft-Temperatur. Seitdem ist dieses lobenswerthe Unternehmen noch drei Jahre lang mit derselben Ausdauer fortgesetzt, und dadurch die ungeheure Masse von 43824 Beobachtungen zusammengebracht. Da es hiemit geschlossen ist, so können wir uns nicht versagen, den wichtigen Beitrag zur Meteorologie, der aus diesen Beobachtungen entspringt, den Lesern in der nachfolgenden Tabelle mitzutheilen, Wir entlehnen diese Tafel aus dem uns von der *British Association* übersandten siebenten Bande ihres „*Report*“ [1]). Als mittlere Lufttemperatur geht daraus für Plymouth der Werth 52°,081 F. = 8°9,25 R. hervor.

So haben wir demnach neun Orte, an denen, wenigstens ein Jahr lang oder beinahe, meist stündliche Beobachtungen der Lufttemperatur angestellt sind: Padua (16 Monat), Leith (2 Jahr), Salz-Uffeln (1 Jahr), Plymouth (5 Jahr), Mühlhausen (1 Jahr), Boothia felix (2¼ Jahr), Karische Pforte (1 Jahr), Matotschkin-Schar (1 Jahr), und Madras [2]). Alle diese Orte haben indeſs mehr oder weniger ein See- oder Küstenklima; es wäre daher zu wünschen, daſs man im Innern eines Continents, z. B. von Ruſsland, sich zu ähnlichen Beobachtungen verstehen möchte.

1) Bedauern muſs man dabei, daſs nicht daselbst, wie früher, die Resultate der einzelnen Jahre, von 1835 bis 1837, gegeben sind.

2) Ann. Bd. 42 S. 630, Bd. 43 S. 336, Bd. 46 S. 668, Dove's Repertorium Bd. III, S. 342 u. ff.

Plymouth 1833, 1834, 1835, 1836, 1837. — Fahrenheit's Grade.

Std.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Septbr.	October.	Novbr.	Decbr.	Jahr.
1	43,795	43,493	43,257	44,366	49,504	54,524	57,267	57,315	54,414	50,087	46,542	44,336	49,075
2	43,663	43,258	42,870	44,127	49,063	54,174	56,880	56,891	54,019	49,796	46,354	44,327	48,785
3	43,537	42,856	42,597	43,827	48,629	53,903	56,508	56,533	53,849	49,622	46,307	44,226	48,533
4	43,429	42,772	42,397	43,610	48,473	53,799	56,441	56,238	53,745	49,476	46,231	44,079	48,391
5	43,284	42,584	42,271	43,616	48,685	54,330	56,855	56,136	53,552	49,330	46,149	43,917	48,392
6	43,185	42,467	42,489	44,149	50,200	56,060	58,466	57,195	54,118	49,524	46,082	43,885	48,985
7	43,268	42,577	43,134	46,063	52,999	58,181	60,796	59,277	55,120	49,885	46,230	43,806	50,110
8	43,465	42,996	44,524	48,364	55,715	60,080	62,996	62,065	57,233	51,075	46,771	44,229	51,626
9	44,051	44,246	46,429	50,905	57,894	61,574	64,567	64,320	59,641	53,449	48,019	44,574	53,306
10	45,125	45,752	48,053	52,388	59,350	62,473	65,888	65,971	61,389	55,735	49,415	45,810	54,779
11	46,429	47,322	49,010	53,610	60,382	63,306	66,842	66,880	62,674	57,235	50,599	46,867	55,929
12	47,042	48,265	49,876	54,747	60,933	63,939	67,538	67,491	63,319	58,002	51,404	47,784	56,695
1	47,203	48,619	50,326	54,949	61,329	61,129	67,749	67,560	63,594	58,167	51,669	47,843	56,928
2	46,940	48,469	50,005	54,455	61,463	61,940	68,341	67,590	63,269	57,168	51,323	47,538	56,708
3	46,450	48,053	49,381	53,838	61,052	63,170	67,228	67,056	62,508	56,701	50,631	46,879	56,079
4	46,102	47,039	48,524	52,799	60,435	62,889	66,422	66,269	61,452	55,390	49,729	46,109	55,263
5	45,107	45,880	47,317	51,422	59,237	61,854	65,371	65,098	59,964	54,059	48,837	45,387	54,128
6	44,717	45,150	46,311	49,808	57,600	60,698	64,065	63,681	58,556	53,096	48,425	45,108	53,101
7	44,359	44,830	45,292	48,399	55,604	59,30	62,519	62,119	57,277	52,312	48,123	44,879	52,093
8	44,037	44,549	44,808	47,266	53,939	57,723	60,969	60,644	56,426	51,913	47,885	44,675	51,236
9	43,928	44,283	44,334	46,466	52,637	56,71	59,636	59,528	55,727	51,511	47,583	44,469	50,567
10	43,903	44,031	43,881	45,764	51,681	55,910	59,088	58,788	55,355	50,901	47,366	44,317	50,082
11	43,822	43,860	43,795	45,144	51,008	55,436	58,223	58,684	55,008	50,530	47,109	44,287	49,742
12	43,859	43,791	43,459	44,675	50,363	54,994	57,598	57,607	54,711	50,239	46,910	44,059	49,357
Mitt.	44,612	44,830	45,597	48,531	54,924	58,879	62,010	61,808	57,788	52,717	48,154	45,141	52,078

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.
Bd. I. ERGÄNZUNG. St. 2.

I. *Ueber die Irradiation; von Hrn. J. Plateau.*

(Fortsetzung von S. 129.)

Von der Ursache und den Gesetzen der Ocular-Irradiation.

44. Nachdem wir durch Musterung der bisher über die Irradiation angestellten Untersuchungen den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse über diesen Gegenstand dargelegt haben; nachdem wir zu zeigen versucht, woraus die Unsicherheiten bei dieser Aufgabe entsprungen sind, wie man den Einfluſs der Irradiation auf astronomische Beobachtungen zu betrachten habe, welche Umstände diesen Einfluſs abändern, und durch wasfür Mittel endlich man sich gegen denselben schützen könne, bleibt uns noch übrig, das Phänomen der Ocular-Irradiation unter dem Gesichtspunkte seiner Ursache und seiner Gesetze zu untersuchen.

45. Betrachten wir zuvörderst etwas näher, als es bisher geschehen ist, die gegenwärtig herrschende Theorie, die, welche die Erscheinung davon ableitet, daſs der Eindruck von einem leuchtenden Gegenstand sich auf der Netzhaut ein wenig über die Gränzen des geradezu von dem Licht des Gegenstandes getroffenen Raumes ausbreitet.

Das Prinzip der Continuität, auf welchem diese Theorie beruht, ist so einfach, daſs, wenn die Irradiation nicht bekannt wäre, es scheint, man müſse sie *a priori* voraussehen können. Gesetzt nämlich, es werde ein leuchtender oder erleuchteter Gegenstand auf einem vollkommen schwarzen Grund unverwandt betrachtet. Das von diesem Gegenstand ausflieſsende Licht wird ein bestimmtes Stück der Netzhaut treffen, und der Rest des Organs

wird durchaus keine unmittelbare Erregung erleiden. Ist es aber denkbar, dafs die Theile der Netzhaut, welche den direct erregten Theil zunächst umgeben, in völliger Ruhe bleiben? Man kann nicht annehmen, dafs ein Zustand von kräftiger Erregung und der Zustand völliger Ruhe sonach auf demselben Organ in unmittelbarer Berührung stehen. Man wird also *a priori* zu dem Glauben geführt, dafs rings um das Bild des Gegenstandes sich Etwas zeigen müsse, welches den allmäligen Uebergang macht zwischen dem Erregungszustand des der directen Einwirkung des Lichts unterworfenen Theils der Netzhaut und dem Ruhezustand der entfernteren Theile. Wie nun auch dieser Uebergang geschehe, so mufs man es doch für höchst wahrscheinlich halten, dafs sich die Erregung rings um den vom Licht getroffenen Raum bis zu einem mehr oder weniger grofsen Abstande fortpflanze, ohne ihre Natur zu ändern, und dafs daraus die Empfindung eines vergröfserten Bildes entspringen müsse.

46. Die Irradiation wäre also, in Bezug auf den *Raum*, das, was die bekannte Erscheinung des Beharrens der Eindrücke auf die Netzhaut für die *Zeit* ist. Einerseits *beharrt* der Eindruck auf die Netzhaut noch einige Augenblicke, wenn sie, *nachdem* sie eine gewisse Zeit hindurch dem Lichte eines Gegenstandes ausgesetzt war, plötzlich dieser Einwirkung entzogen wird. Andrerseits *breitet* sich der Eindruck rings um das Bild des Gegenstandes bis zu einem kleinen Abstande *aus*, *während* die Netzhaut der Einwirkung des von diesem Gegenstande ausgehenden Lichtes unterworfen ist. Beide Erscheinungen wären demnach Resultate eines einfachen Gesetzes der Stetigkeit, vermöge dessen, wenn ein Theil des Organs aus seinem Normalzustand gerissen ist, der daraus hervorgehende dynamische Zustand weder augenblicklich aufhören, noch unmittelbar an einen Zustand gänzlicher Ruhe gränzen kann.

47. In dieser Betrachtungsweise geschähen die Ueber-

gänge der Erregung zur Ruhe, sowohl die zeitlichen als die räumlichen, nicht bloſs durch das Beharren der Eindrücke und durch die Irradiation, sondern sie würden vervollständigt durch die unter dem Namen der *zufälligen Farben* bekannten Erscheinungen. Ich habe versucht, alle diese Erscheinungen zu verknüpfen durch eine allgemeine Theorie, die auf vorstehende Stetigkeits-Betrachtungen gegründet ist, und von der man einen Abriſs in den *Annales de chimie et de physique* (1833 August. p. 386) findet [1]). Kehren wir indeſs zur Irradiation zurück.

48. Man hat gesehen, wie einfach und natürlich die Erklärung des Phänomens durch eine seitliche Fortpflanzung des Eindrucks erscheint. Zu diesen rein rationellen Betrachtungen können wir nun Thatsachen hinzufügen. Es giebt deren, die augenfällig beweisen, daſs in gewissen Fällen ein Eindruck sich seitwärts fortpflanzen kann. Bekanntlich scheint der kleine Raum, der, auf der Netzhaut, der Einfügung des optischen Nervens entspricht, und *punctum caecum* genannt wird, für die directe Einwirkung des Lichts unempfindlich zu seyn. Legt man nämlich auf eine schwarze Fläche einen kleinen weiſsen oder farbigen Gegenstand, schlieſst eins der Augen und richtet das andere so, daſs das Bild dieses Gegenstands auf die erwähnte Stelle der Netzhaut fällt, so verschwindet der Gegenstand. Nimmt man dagegen, statt des farbigen Gegenstands auf schwarzem Grunde, einen schwarzen Gegenstand auf farbigem Grund, so verschwindet der Gegenstand eben so gut, und die Farbe des Grundes breitet sich über den von ihm eingenommenen Raum aus. Daraus folgt offenbar, wie schon Sir D. Brewster be-

1) Den ersten Theil dieser Theorie, d. h. den, welcher den *zeitlichen* Uebergang betrifft, habe ich in einer besonderen Abhandlung (*Mémoires de l'académie de Bruxelles* und *Ann. de chim. et de phys.* 1835 *T. LVIII, p* 337) entwickelt; (auch diese Ann. Bd. 32, S. 543. P.) Mit dem zweiten Theil bin ich jetzt beschäftigt.

merkt hat [1]), dafs die Stelle der Netzhaut, wo der optische Nerv eingefügt ist, durch Mittheilung erregt wird. Mit andern Worten, der umgebende Eindruck breitet sich seitwärts über diese Stelle aus,

Wenn man demnach die Irradiation durch eine Seitenfortpflanzung des Eindrucks erklärt, so thut man nicht mehr, als dafs man der Gesammtheit der Netzhaut eine Eigenschaft beilegt, die dieses Organ ohne Widerrede auf einem kleinen Stück seiner Ausdehnung besitzt. Zwar könnte man einwerfen, dafs das *punctum caecum* nicht mit dem Rest des Organs zu vergleichen sey, weil es nicht für das directe Licht empfänglich zu seyn scheint; allein dieser Einwand fällt weg vor einer anderen Beobachtung Brewster's [2]). Dieser Physiker hat nämlich erwiesen, dafs wenn der Gegenstand, welcher Licht direct auf das *punctum caecum* sendet, sehr hell ist, er nicht ganz verschwindet, und dafs man an seiner Stelle ein schwaches nebelhaftes Licht erblickt; man kann sich davon mittelst einer Kerzenflamme überzeugen. Daraus folgt, dafs das *punctum caecum* nicht ganz der Fähigkeit ermangelt, welche der Rest der Retina besitzt. Wir müssen also annehmen, der Raum, den es einnimmt, sey weniger empfindlich für directe Eindrücke, pflanze aber die Seiteneindrücke sehr leicht und in grofse Ferne fort, denn dieser Raum hat eine Winkelbreite von mehren Graden; dagegen müssen wir den Rest des Organs als sehr empfindlich für directe Eindrücke, aber als die Seiten-Eindrücke nur in kleine Abstände fortpflanzend betrachten.

49. Eine Thatsache, welche die Rechtmäfsigkeit dieser Schlüsse unterstützt, ist folgende von mir beobachtete, die so ausgesprochen werden kann:

Die Irradiation nimmt zu mit der Dauer der Beschauung des Gegenstandes.

Davon kann man sich durch folgenden [illegible]

1) *Letters on natural magic p.* 14.

2) *Ibid. p.* 12.

zeugen. Auf eine weiſse Karte, von gleichen Dimensionen mit den schon gebrauchten, male man zwei schwarze Felder *abcdf* und *ghklm* (Fig. 11 Taf. III) rechteckig bis auf einen kleinen Ausschnitt an ihren gegenüberstehenden Ecken. Dieser Ausschnitt macht Theil eines kleinen Quadrats von einem Centimeter in Seite, in der Mitte der Karte, wie es die Figur zeigt. Die Ränder *dc* u. *kl* liegen in gegenseitiger Verlängerung, nicht aber so die Ränder *ab* u. *gh*, die um zwei Millimeter gegen einander vorspringen, so daſs, wenn man aus der Mitte des kleinen Quadrats eine Linie parallel den Rändern *nm* und *fo* der Karte zöge, diese Mittellinie in einem Abstande von einem Millimeter von den Linien *ab* und *gh* durch die beiden schwarzen Felder gehen würde.

Betrachtet man diesen Apparat, wie die früheren, von ferne, so ist klar, daſs die Irradiationen der weiſsen Felder längs den Rändern *ab* und *gh* diese beiden Ränder scheinbar auseinander rücken werden, so daſs sie, bei einer gewissen Entfernung des Auges, in gegenseitiger Verlängerung zu liegen scheinen. Bei einer etwas beträchtlicheren Entfernung weichen die beiden Ränder noch mehr zurück und gehen auf die andere Seite der Mittellinie, so daſs diese alsdann in die durch die Irradiation vergröſserten weiſsen Felder fällt. Gesetzt nun der Beobachter habe sich in die zuvor durch Probiren ausgemittelte Entfernung gestellt, bei welcher die Linien *ab* und *gh* sich in ihrer gegenseitigen Verlängerung zeigen. Fährt er nun fort sie unverwandt zu betrachten, so hört diese Coïncidenz auf, und die beiden Linien scheinen ihm immer mehr auseinander [illegible]weichen, wie wenn er sich mehr von der K[illegible] Diese letzte Wirkung geht übrigens [illegible] Gränze. Sucht man die erw[illegible] auf, so muſs man bei j[illegible] die Karte [illegible]

[illegible] Wirkung [illegible] uenen

lange anzusehen, sonst würde die gefundene Entfernung diejenige seyn, welche einer längeren Anschauung entspricht, und dann würde der Effect nicht merklich mehr zunehmen.

Was die kleinen weifs gelassenen Ausschnitte an den zugewandten Ecken der beiden schwarzen Rechtecke betrifft, so würden, wenn sie nicht da wären, die Ränder *dc* und *kl* einen kleinen Theil gemeinschaftlich haben, und, da alsdann die zugewandten Ecken der beiden weifsen Felder an diesem Ort nur um zwei Millimeter getrennt wären, würden ihre Irradiationen eine merkliche Verringerung erleiden (§. 36); und daraus würde dann gegen denselben Punkt eine scheinbare Einbiegung der Linien *ab* und *gh* entstehen und die gute Beurtheilung des Effects verhindert seyn.

50. Nun nehmen die Physiker an, dafs die Netzhaut durch die Dauer des Anschauens immer unempfindlicher für das Licht werde und in dem ersten Abschnitt meiner Abhandlung über die oben citirten Gesichts-Erscheinungen (Note zum §. 47) habe ich eigends durch einen Versuch gezeigt, dafs dem wirklich so ist, obwohl ich von der Thatsache eine von der gewöhnlichen abweichende Erklärung gab. Wenn wir diese Thatsache mit der im vorigen Paragraph erwähnten zusammenstellen, so können wir daraus folgern, dafs in dem Maafse, als das directe Licht seine Macht auf die Netzhaut zu verlieren scheint, der fortgepflanzte Eindruck sich darin mehr entwickelt, und, wie man sieht, entspringt daraus eine Analogie mehr zwischen dem *punctum caecum* und dem Rest des Organs.

51. Verlangt man endlich Thatsachen, welche die seitliche Fortpflanzung des Eindrucks nach andern Theilen der Netzhaut als das *punctum caecum* beweisen [1]), so braucht man nur die von Sir Brewster beigebrach-

1) Siehe diese Abhandlung §§. 34 und 58—62.

ten Erfahrungen zu erwähnen [1]). Man lege auf farbigen Grund einen schmalen Streifen weifsen Papiers, oder ziehe auf eine weifse Fläche einen schwarzen Strich, richte dann das Auge unverwandt auf einen andern Punkt, der 7 bis 8 Centimeter von dem kleinen Gegenstand entfernt ist, und zwar so, dafs man diesen letzteren nur indirect sieht. Wenn man das Auge recht unbeweglich hält, so verschwindet der Gegenstand nach einigen Augenblicken vollständig und die Farbe der umgebenden Fläche scheint sich über die von ihm eingenommene Stelle auszubreiten. Dieselben Erscheinungen also, die sich beim *punctum caecum* zutragen, ereignen sich auch an andern Stellen der Netzhaut, so bald man durch eine verlängerte Beschauung die Empfänglichkeit dieser Theile für directe Eindrücke verringert hat. Die Seitenfortpflanzung der Eindrücke zu den benachbarten Theilen der Netzhaut, und die Beziehung dieser Erscheinung zu der gröfsern oder geringeren Empfänglichkeit des Organs für directe Eindrücke scheinen mir also gegenwärtig fast erwiesen.

52. Rationelle Betrachtungen, Analogie und Erfahrung unterstützen demnach auf eine merkwürdige Weise die Theorie, welche die Irradiation von einer Seitenfortpflanzung des Eindrucks herleitet. Sehen wir jetzt, ob nicht die nämliche Theorie die verschiedenen Gesetze desselben erklären, und aus einigen derselben neue Argumente zu Gunsten ihrer ziehen könne.

53. Zuvörderst habe ich behauptet, dafs die Irradiation nicht gleich sey bei verschiedenen Individuen, und sogar bei einer und derselben Person mit dem Befinden der Augen sich verändere. Diese Thatsachen ergeben sich ganz natürlich aus der besagten Theorie. Wenn die Irradiation ein Phänomen der Empfindung ist, so ist es unmöglich, dafs es bei allen Augen gleich sey, und man begreift, dafs es selbst bei dem nämlichen Auge bald

1) *The Edinburgh Journ. No, VI. Oct.* 1825 *p.* 289.

mehr, bald weniger ausgebildet seyn könne. Ich führte darüber einige Erfahrungen an, die zwar nur als sehr grobe Annäherungen betrachtet werden müssen, die aber doch dazu dienen werden, eine erste Idee zu geben von der Methode, von welcher ich weiterhin ausführlich sprechen werde, und mittelst der ich dahin gelangt bin, die Irradiation bei verschiedenen Personen zu verschiedenen Zeiten und unter bestimmten Umständen zu messen. Ueberdiefs sind die Beobachtungen, die ich berichten werde, mittelst eines Apparats angestellt, den jeder leicht verfertigen, und, mit den erforderlichen Vorsichtsmafsregeln angewandt, zur Erlangung genauer Resultate benutzen kann.

Der Apparat ist der im §. 49 beschriebene. Wenn ein Beobachter, von gehöriger Entfernung aus, die beiden Ränder *ab* und *gh* der weifsen Felder (Fig. 11 Taf. III) in ihrer gegenseitigen Verlängerung sieht, so erfolgt dieser Anschein aus dem Vereine zweier partiellen Irradiationen, die längs diesen beiden Linien stattfinden. Es ist, wie wenn in Wirklichkeit jede derselben parallel mit sich selbst gegen die Verlängerung der anderen vorgerückt wäre, und zwar um die Hälfte ihres Abstandes, die zufolge der Construction zwei Millimeter beträgt. Daraus folgt, dafs die Irradiation, welche z. B. längs *ab* stattfindet, unter den besagten Umständen einen Gesichtswinkel umfafst, dessen Schenkel an dem Gegenstande auf einer Grundlinie von einem Millimeter stehen. Kennt man also diese Grundlinie und die Entfernung des Gegenstandes vom Beobachter, so kann man hiedurch von der Irradiation, welche, bei dieser Person zu einer gewissen Zeit und für den besondern Fall, dafs ein weifser Gegenstand dem Tageslicht ausgesetzt ist, stattfindet, eine angenäherte Messung erhalten.

Hier ist indefs eine wichtige Bemerkung zu machen. Da die Irradiation, wie wir gesehen, bis zu einer gewissen Gränze mit der Dauer des Beschauens wächst, so kann man sich bei der Messung der Irradiation zwei ver-

schiedene Aufgaben setzen, nämlich: die Bestimmung des Werthes, welche dem ersten Augenblick der Beschauung entspricht, und der, welchen die Irradiation nach hinreichend langer Beschauung erlangt, wenn sie sich nicht merklich mehr vergröſsert. Die Gröſsen weiterhin entsprechen der ersten dieser Aufgaben; allein ich habe später eingesehen, daſs es für die Genauigkeit der Resultate weit besser ist, die Beschauung des Gegenstandes bis zum Maximo des Effects fortzusetzen, weil es etwas schwer ist auf den ersten Blick zu entscheiden, ob die beiden Linien der verlangten Bedingung des Einfallens in ihre gegenseitige Verlängerung entsprechen, und weil die kurze Zeit, während der man den Apparat betrachtet, um sich von dieser Coincidenz zu überzeugen, hinreicht die Irradiation abzuändern. Folgendes sind die Resultate; sie wurden zu derselben Zeit mit drei verschiedenen Personen erhalten:

	Entfernung.	Winkelwerth der Irradiation
1ste Person	$2^m,5$	1′ 22″
2te -	5 ,0	0′ 41″
3te -	12 ,0	0′ 17″

Diese Resultate zeigen, wie man sieht, groſse Unterschiede von der einen zur andern Person; allein, auſser daſs sie nur annäherend sind, können sie nicht anzeigen, ob diese Unterschiede von einer wirklichen Verschiedenheit der Irradiation bei jenen Personen herrühren, oder davon, daſs eine derselben sich so zu sagen in einer Anwandlung von leichter Irradiation, und die andere in einer entgegengesetzten Anwandlung befand. Wir verweisen demnach, was die vollständigere Erörterung dieses Gegenstandes betrifft, auf das Weitere.

54. Die Theorie, mit der wir uns beschäftigen, erklärt auf eine eben so einfache Weise, warum die Irradiation um so gröſser erscheint, je entfernter der leuchtende Gegenstand ist. In der That bemerke man zunächst, daſs die wirkliche Breite der kleinen Zone vom fortgepflanzten Eindruck, welche, nach dieser Theorie, auf der

Netzhaut das Bild des Gegenstandes umgiebt, nicht von der Entfernung dieses Gegenstandes abhängen kann, so bald nur dieser eine gleiche Helligkeit behält, immer auf einem gleich dunklen Grunde bleibt, u. s. w. Daraus folgt, dafs der Gesichtswinkel, welcher dieselbe Breite umspannt, für jegliche Entfernung derselbe bleibt. Da nun der Beobachter die erfolgende Erscheinung nothwendig auf den Gegenstand selbst überträgt, so legt er der kleinen leuchtenden Zone, welche dem Umfang dieses Gegenstandes hinzugefügt erscheint, eine absolute Breite bei, welche der wirklichen oder von ihm vorausgesetzten Entfernung seines Auges von dem Gegenstand proportional ist. Denkt man sich nämlich für einen Augenblick, dafs wirklich eine kleine Zone dem Umrifs des Gegenstandes hinzugefügt sey, so könnte man sie offenbar nur dann unter einem constanten und von der Entfernung unabhängigen Gesichtswinkel sehen, wenn man die wahre Breite derselben proportional mit dieser Entfernung änderte. Es verhält sich also mit der Irradiation wie mit den *zufälligen Farben*. Bekanntlich sieht man, wenn man nach hinreichend langer Betrachtung eines rothen Gegenstandes, z. B., die Augen auf eine weifse Fläche richtet, ein grünes Bild von gleicher Gestalt mit dem Gegenstande; allein dieses Bild, welches von einer Abänderung der Netzhaut an dem zuvor von dem rothen Bilde eingenommenen Raum herrührt, mufs denselben Winkel umspannen wie das letztere, und deshalb desto gröfser erscheinen, je entfernter die Flächen sind, auf die man es projicirt. Diefs wird bekanntlich von der Erfahrung vollkommen bestätigt.

55. Mithin ist die Vergröfserung, welche die Irradiation zu erleiden scheint, wenn man sie auf eine gröfsere Entfernung bezieht, eine nothwendige Folge der von uns erörterten Theorie. Könnte man nun beweisen, dafs die scheinbare Vergröfserung wirklich, bei demselben Auge und demselben Gegenstand, einem constanten Ge-

sichtswinkel entspricht, so würde diefs eins der mächtigsten Argumente zu Gunsten derselben Theorie seyn; denn diese Beständigkeit der Gesichtswinkel ist das Hauptkennzeichen der Gesichts-Erscheinungen, die darauf beruhen, dafs ein Stück der Netzhaut von beständiger Gröfse eine Abänderung erleidet. Diese wichtige Thatsache glaube ich festgestellt zu haben, und zwar mittelst des im §. 53 angegebenen Mefsverfahrens.

Der von mir angewandte Apparat ist Taf. III Fig. 12 abgebildet; *a b c d* ist eine rechteckige Platte von geschwärztem Kupfer, ungefähr 1,5 Millimeter dick, 10 Centimeter hoch und 8 breit; sie ist längs der Linie *fghiklf* ausgeschnitten, so dafs nur das von den beiden Linien *gf* und *lf* und einem Theil des 8 Mm. breiten Rahmens *ghikl* begränzte Stück stehen geblieben; *mnop* ist ein bewegliches und gleichfalls geschwärztes Rechteck, dessen Vorderfläche sich in gleicher Ebene mit dem Rest des Apparats befindet, und das sich in zwei Fugen bewegt, von denen die eine in dem Rand *ik* des Rahmens, die andere in dem an der Seite *hi* desselben Rahmens befestigten Stück *qr* angebracht ist. Die Ränder *gf* und *lf* des festen Theils sind parallel, die eine den Seiten *ad*, *bc*, die andere den Seiten *ab*, *dc*, und haben gleichen Abstand von diesen Seiten. Der Rand *mp* der beweglichen Platte bleibt immer *gf* genau parallel, und der Rand *mn* kommt mit dem Rand *lf* in Berührung, wenn man die bewegliche Platte zum Theil unter diese Linie schiebt. Die vier Ränder *gf*, *lf*, *mp* und *mn* sind von hinten zugeschärft, damit sie scharf begränzt und ohne sichtbare Dicke erscheinen. Die Lage der beweglichen Platte wird durch eine Mikrometerschraube *st* geregelt, auf deren Kopf eine Marke, die so gestellt ist, dafs sie, wenn die beiden Ränder *gf* und *mp* genau in gegenseitiger Verlängerung liegen, dem äufserlich am Rahmen befindlichen Zeiger *v* entspricht. Endlich steht das Ganze

auf eizem Fuſs *xy*, der so eingerichtet ist, daſs man den Apparat nach Belieben heben oder senken kann.

Gesetzt nun, der Rand *mp* sey in die Verlängerung von *gf* gebracht, und man lasse darauf die Schraube einige Umgänge machen, in dem Sinn, daſs die bewegliche Platte gegen *lk* vorrückt, also die besagte Coincidenz zwischen beiden Linien nicht mehr stattfindet, sondern der eine Rand um eine gewisse Gröſse gegen den andern vorspringt. Nach dieser Vorrichtung des Apparats denke man sich denselben so gestellt, daſs er auf ein hinreichend helles Feld, z. B. auf den Himmel, projicirt sey. Alsdann scheinen die Oeffnungen *ghrf* und *lmpk* erleuchtet, und man hat ein der Fig. 11 analoges System, jedoch mit dem Haupt-Unterschiede, daſs man den gegenseitigen Vorsprung der Ränder *gf* und *mp* der erleuchteten Felder nach Belieben verändern kann. Wenn man also den so aufgestellten Apparat betrachtet, so rücken jene beiden Ränder, vermöge der längs ihnen entstandenen Irradiation scheinbar zurück, wie in den Versuchen der §§. 49 und 53, und man kann eine solche Entfernung aufsuchen, daſs sie in ihrer gegenseitigen Verlängerung zu liegen scheinen. Da man die wirkliche Ausweichung beider Ränder und die Entfernung des Apparats vom Auge kennt, so kann man denn auch, wie im Versuch des §. 53, den von der Irradiation bespannten Gesichtswinkel berechnen. Die Bestimmung der Ausweichung beider Ränder bietet keine Schwierigkeit dar, wenn man sie so eingerichtet hat, daſs sie einer ganzen Zahl von Schraubenumgängen entspricht, was offenbar der Fall seyn wird, wenn die Marke unter den Zeiger geführt ist. Denn diese Ausweichung ist gleich der Anzahl der Schraubenumgänge multiplicirt mit der Gröſse, um welche ein einziger Umgang die Platte vorschiebt. Um ein für alle Mal diese letzte Gröſse mit hinlänglicher Genauigkeit zu erhalten, läſst man die Schraube von dem Punkte ab, wo die beiden Ränder in gegenseitiger Verlängerung liegen,

eine etwas beträchtliche Zahl von Umgängen, z. B. zehn, machen, mifst direct die erfolgende Ausweichung, und theilt dieselbe durch die Zahl der Umgänge.

56. Will man nun mit diesem Apparat ermitteln, ob der Gesichtswinkel, welcher die Irradiation mifst, unabhängig sey von der Entfernung des Gegenstandes vom Auge, oder einem anderen Gesetze folge, so verfährt man so. Man mifst eine Reihe von Gesichtswinkeln, die für dasselbe Auge verschiedenen Ausweichungen und folglich verschiedenenen Entfernungen entsprechen, und vergleicht nun die erhaltenen Werthe mit einander. Ich werde bald von den Vorsichtsmafsregeln sprechen, die man nehmen mufs, um den Resultaten Genauigkeit zu geben.

Auf folgende Weise kann man die Rechnungen sehr vereinfachen. Sey e die von Einem Schrauben-Umgang bewirkte Ausweichung, und δ die Entfernung, in welche sich eine bestimmte Person begeben mufs, um diese Ausweichung durch die Irradiation vernichtet zu sehen. Der Gesichtswinkel, welcher diese Irradiation mifst, hat zur Grundlinie $\frac{1}{2}e$ (§. 53), und wenn man diesen Winkel durch α bezeichnet, hat man offenbar

$$tang\ \alpha = \frac{\frac{1}{2}e}{\delta} \quad \ldots (1)$$

Sey überdiefs Ne irgend eine durch N Schraubenumgänge bedingte Ausweichung, D die Entfernung, bei welcher sie für dieselbe oder eine andere Person verschwindet, und A der entsprechende Werth der Irradiation, so hat man ebenso

$$tang\ A = \frac{\frac{1}{2}Ne}{D}$$

Dividirt man diese Gleichung durch die vorherige, so kommt

$$\frac{tang\ A}{tang\ \alpha} = \frac{N\delta}{D},$$

und da die Winkel A und α nothwendig sehr klein sind,

so fallen die Bogen, welche sie messen mit ihren Tangenten zusammen, und man kann setzen:

$$A = \frac{N\delta}{D}\alpha \quad . \; . \; . \; (2)$$

Statt nun jeden besonderen Werth der Irradiation in Bruchtheilen von Graden auszudrüken, können wir alle diese Werthe auf eine zweckmäfsig gewählte Einheit ihrer Art zurückführen. Denken wir uns also einen Beobachter, dessen Augen so beschaffen seyen, dafs für ihn die durch einen einzigen Schraubenumgang bewirkte Ausweichung in der Entfernung von einem Meter verschwindet, und nehmen die durch diesen Effect hervorgebrachte Irradiation zur Einheit. Diese Irradiations-Einheit wird also dem Gesichtswinkel entsprechen, der aus der Entfernung von einem Meter eine Grundlinie gleich $\frac{1}{2}e$ bespannt. Nimmt man nun überdiefs das Meter zur Einheit der Entfernung, so hat man in der Formel (2) $\alpha = 1$, $\delta = 1$ und folglich:

$$A = \frac{N}{D} \quad . \; . \; . \; (3)$$

Das ist, in Funktion der von uns angenommenen Einheit, der Ausdruck für den besonderen Werth der Irradiation, welcher einer Beobachtung von irgend einer Person entspricht, und wie man sieht, braucht man, um diesen Werth zu erhalten, nur die Zahl der Schraubenumgänge, welche die Ausweichung bewirkte, zu dividiren durch die Entfernung, in welche sich die Person stellen mufs, um diese Ausweichung verschwinden zu sehen. Man kann unmittelbar zu der Formel (3) gelangen, wenn man erwägt, dafs der Gesichtswinkel, wegen seiner Kleinheit, sich direct wie seine Grundlinie und umgekehrt wie die Entfernung des Auges verhalten mufs. Da nun diese Grundlinie, welche halb so grofs wie die Ausweichung der Ränder, der Zahl der Schraubenumgänge proportional ist, so wird man als Mafs des in Rede stehenden Winkels diese Zahl von Umgängen, dividirt durch die

Entfernung des Auges, oder $\frac{N}{D}$ nehmen können, und diese Gröfse wird der Einheit gleich seyn, wenn zugleich $N=1$ und $D=1$.

Will man die auf diese Weise unter verschiedenen Umständen erhaltenen relativen Werthe der Irradiation verwandeln in absolute, durch Bruchtheile von Graden ausgedrückte Werthe, so braucht man nur ein für alle Mal den von uns zur Einheit genommenen absoluten Werth des Winkels zu berechnen, und mit diesem Werthe alle relativen Irradiations-Werthe zu multipliciren.

57. Ehe ich die Resultate der Versuche mittheile, die ich angestellt, um mich der Unabhängigkeit des Winkelwerths der Irradiation von der Entfernung zu vergewissern, will ich die Vorsichtsmafsregeln angeben, die ich zur Sicherung des Erfolgs getroffen habe.

(1) Da die Lage des Zimmers, in denen sie gemacht wurden, nicht erlaubte, den Apparat in der Höhe des Auges so vor einem Fenster aufzustellen, dafs er sich direct auf den Himmel projiciren konnte, so habe ich zur Hebung dieses Uebelstands einen geneigten Spiegel so angebracht, dafs man durch Reflexion den Himmel in der gehörigen Richtung sah.

(2) In diesem Falle, wie in allen übrigen, habe ich mich nicht blofs auf meine eignen Augen verlassen, sondern auch andere Personen zu Hülfe genommen.

(3) Da diese Versuche eine gewisse Gewohnheit verlangen oder vielmehr erfordern, dafs die Person die sich ihr zeigende Erscheinung gleichsam wohl zu beurtheilen lerne, so liefs ich diese Person zuerst eine Reihe Beobachtungen bei verschiedenen Ausweichungen machen, ohne dafs ich diese Reihe in Rechnung nahm. Dann machte dieselbe Person mehre andere Reihen, deren jede sechs Ausweichungen, bestimmt durch einen, zwei, drei, . . sechs Schraubenumgänge, entsprach; und für jede einzelne Beobachtung zeichnete ich die Zahl der Umgänge

und die Entfernungen des Auges auf. Dann nahm ich das Mittel aus der jeder Ausweichung zugehörigen Entfernung, und erhielt so eine mittlere Reihe, mehr oder weniger von Beobachtungsfehlern befreit. Endlich berechnete ich mittelst der Formel (3) des §. 56 den einer jeden Entfernung in dieser mittleren Reihe entsprechenden Irradiationswerth, und die Reihe dieser Werthe mufste mir, mehr oder weniger angenähert, das Gesetz der Irradiation bei Veränderungen im Abstande des Auges geben.

(4) Bei allen Beobachtungen wurde die Dauer der Beschauung lange genug unterhalten, damit die Irradiation ihr Maximum erreiche; der Abstand des Auges vom Apparat wurde nicht eher gemessen, als nachdem die Person erklärt hatte, dafs sich der Effect nicht mehr vergröfserte. Da andrerseits diese Beobachtungen ziemlich langes Probiren erfordern, und das zu ermüdete Auge endlich fehl sieht, so liefs ich die Person von Zeit zu Zeit ihre Augen ausruhen zwischen dem successiven Probiren, welches die Ermittlung jeder Entfernung nöthig macht.

(5) Da die Verschiebungen der beweglichen Platte des Apparats die Anwendung eines analogen Mittels wie das der kleinen Ausschnitte der schwarzen Felder auf der Karte, Fig. 11, unmöglich machten, so zeigte sich nothwendig gegen die Punkte f und m (Fig. 12 Taf. III) eine kleine Einbiegung der Ränder gf und pm, was die Schwierigkeit der Entscheidung, wann die beiden Ränder genau in ihrer gegenseitigen Verlängerung erschienen (§. 43), erhöhen mufste. Um diesem Uebelstand möglichst vorzubeugen, trug ich Sorge, den Beobachter darauf vorzubereiten und ihm zu empfehlen, nicht nach diesem Punkt, sondern nach der Gesammtheit beider Linien zu urtheilen.

(6) Bei jeder Beobachtung giebt es in der Entfernung gewisse Gränzen, zwischen welchen die beschriebene

bene Coincidenz beider Linien nicht scheint sich merklich zu ändern, d. h. im Fall der Beobachter sich genau in der erforderlichen Entfernung befindet, kann er eine gewisse Strecke vor- oder zurückgehen, ohne dafs die scheinbare Coincidenz ihm aufgehoben erscheint; nur diefsseits der ersteren Gränze beginnt er, die beiden Ränder etwas auseinander weichen zu sehen, und erst jenseits der zweiten scheint ihm die Irradiation sie in entgegengesetzter Richtung zu trennen. Diefs rührt davon her, dafs es schwer ist zu beurtheilen, ob zwei Linien in ihrer gegenseitigen Verlängerung sind oder nicht, sobald sie einen gewissen Grad von Annäherung erreicht haben. Es bleibt also immer, bei jeder Beobachtung, einige Ungewifsheit über die wahre Entfernung, in welche man sich begeben mufs; und daraus entspringen nothwendig die Fehler bei dieser Gattung von Beobachtungen. Die Gränzen, zwischen welchen sich die scheinbare Coincidenz zu halten scheint, liegen übrigens bei kleinen Entfernungen und einer starken Irradiation sehr nahe zusammen; allein unter entgegengesetzten Umständen können sie um eine ziemlich beträchtliche Gröfse auseinander rücken. Um diese Fehlerquelle zu verringern veranlafste ich den Beobachter, nahezu die mittlere Lage zwischen jenen beiden Gränzen aufzusuchen, und bei dieser mittleren Lage wurde dann die Entfernung gemessen.

(7) Um unter den einzelnen Beobachtungen eine gänzliche Unabhängigkeit aufrecht zu halten, vermied ich bei jeder Reihe die Ausweichungen in wachsender Ordnung zu nehmen; ich fing z. B. mit vier Schraubenumgängen an, kehrte dann zu Einer zurück, nahm darauf fünf, u. s. w. Da das Auge um so mehr ermüdet, als die Beobachtungen sich vervielfältigen, so stand überdiefs zu fürchten, dafs auch die Irradiation mehr oder weniger abgeändert werden würde. Um die hieraus etwa entspringenden Fehler zu vernichten, befolgte ich in der zweiten Reihe eine umgekehrte Ordnung wie in der zweiten; und

in der dritten nahm ich wieder eine andere Ordnung, die ich in der vierten abermals umkehrte. Auf diese Weise mufsten die besagten Fehler, wenn sie existirten, in der mittleren Reihe sich compensiren.

§. 8. Folgende Tafel enthält alle partiellen Resultate dieser Versuche, geordnet nach wachsender Reihe der Ausweichungen. Sie wure n von vier der §. 35 genannten Personen beobachtet; da indefs die auf eine nämliche Person bezüglichen Reihen nicht alle an demselben Tage, noch zu derselben Stunde, noch immer in demselben Zimmer beobachtet wurden, die Helligkeit des von dem Spiegel reflectirten Lichts also mit diesen Umständen veränderlich seyn mufste, und diese Veränderungen, wie man glauben kann, auf die Irradiation Einflufs haben konnten, so habe ich für jede Reihe die die Helligkeit bedingenden Umstände angegeben, nämlich: Jahreszeit, Weltgegend des Fensters, vor welchem der Apparat stand, Tagesstunde und Beschaffenheit des Himmels.

Gemessene Entfernungen, Meter.

Tag	Für Schraubenumgänge: 1	2	3	4	5	6
			Erste Person.			
1ster [1])	0,69	1,26	1,67	2,07	3,38	3,87
-	0,63	1,34	1,72	2,61	2,88	4,07
2ter [2])	0,63	1,24	2,56	2,54	3,47	4,07
-	0,75	1,27	2,32	3,05	3,52	4,23
			Zweite Person.			
1ster [3])	0,68	1,60	2,53	3,41	4,42	5,33
-	0,90	1,40	2,61	3,56	4,15	5,42
2ter [4])	0,91	1,81	2,59	3,80	4,75	5,45
-	0,90	1,84	2,72	3,66	4,56	5,37

1) Januar, Nord, 10^h Morg. heiter.

2) do. 2^h Nachmitt. heiter.

3) Januar, Ost, 12^h Mitt. schwach neblig.

4) do. do. bedeckt.

Gemessene Entfernungen, Meter.

Für Schraubenumgänge:

Tag	1	2	3	4	5	6
			Dritte Person.			
1ster [1])	1,23	2,72	2,51	3,40	4,50	5,75
2ter [2])	1,62	2,04	3,08	3,82	4,80	5,38
3ter [3])	0,92	2,27	3,40	4,67	5,52	6,00
4ter [4])	0,85	1,45	3,09	4,67	3,89	6,05
5ter [5])	0,65	1,29	1,76	3,14	3,67	5,68
			Vierte Person.			
1ster [6])	1,46	3,40	6,20	7,15	8,40	11,00
2ter [7])	1,88	3,95	5,00	8,60	10,70	10,10
3ter [8])	1,68	3,84	6,45	6,00	7,20	8,32
4ter [9])	1,32	3,59	3,95	4,73	6,36	7,40
-	1,26	2,67	3,67	4,10	5,75	7,42
5ter [10])	1,20	2,20	3,13	3,90	5,00	6,79
-	1,01	2,03	3,14	4,02	5,72	5,57

59. Berechnen wir nun für jede Person die Reihe ler mittleren Entfernungen, und bestimmen durch die rüher gegebene Formel den einer jeden Entfernung entprechenden Werth der Irradiation, so erhalten wir folende Tafel:

Erste Person.

littl. Entfern. 0,675; 1,277; 2,067; 2,567; 3,312; 4,060
radiationswerth. 1,481; 1,566; 1,451; 1,558; 1,509; 1,477

Die angegebenen Entfernungen wachsen, wie man eht, ziemlich regelmäfsig von 0,675 bis über 4 Meter. Und

) und 2) Januar, Nord, 11h Morg. heiter.
) Januar, Ost, 10½h Morg. heiter.
) do. do. bedeckt.
) Februar, Ost, 11h Morg. bedeckt.
) Januar, Ost, 11h Morg. heiter.
) und 8) do. do. 1½h Nachm., schwach neblig.
) do. do. do. heiter.
)) Februar, Ost, 2h Nachm. schwach neblig.

die entsprechenden Irradiationswerthe entfernen sich kaum von einander; ihre Unterschiede gehen bald in diesem, bald in jenem Sinn. Das Mittel aus den sechs Werthen ist 1,507 und die Abweichungen derselben von diesem Mittel sind:

—0,026; +0,059: —0,056; +0,051; +0,002; —0,030.

Die Abweichungen liegen fast wechselsweise im Minus und im Plus, und ihre Gröfse ist nicht beträchtlich. Das Verhältnifs zwischen der gröfsten von ihnen und dem Mittel ist nur 0,039, d. h. weniger als 4 Hundertel. Begnügt man sich mit den Beobachtungen dieser Person, so könnte man schon mit grofser Wahrscheinlichkeit folgern, dafs der Winkelwerth der Irradiation unabhängig ist von der Entfernung. Es ist glaublich, dafs wenn die partiellen Reihen mehr vervielfältigt wären, diefs Gesetz noch deutlicher hervorgetreten seyn würde, allein die Zeit, die zu diesen Versuchen erforderlich ist, und die Ermüdung, welche sie veranlassen, nöthigte mich, sie bei jedem Beobachter auf eine kleine Zahl von Reihen zu beschränken.

60. Gehen wir zuerst zur zweiten Person über.

Zweite Person.

Mittl. Entfern.	0,847;	1,662;	2,612;	3,607;	4,470;	5,392
Irradiationswerthe	1,180;	1,203;	1,148;	1,108;	1,118;	1,112

Die von etwa 0,85 bis über 5 Meter gehenden Entfernungen wachsen auch hier ziemlich regelmäfsig. Die entsprechenden Irradiationswerthe zeigen, wie bei der ersten Person, nur geringe Unterschiede; das Mittel aus ihnen ist 1,144 und und die Abweichungen davon betragen:

+0,036; +0,059; +0,004; —0,036; —0,026; —0,032.

Die Vertheilung derselben ist hier eine andere, wie bei der ersten Person, was die Wahrscheinlichkeit für ihre Herkunft von Beobachtungsfehlern erhöht; überdiefs sieht man, dafs sie, wenn sie auch nicht abwechselnd po-

sitiv und negativ sind, doch keine regelmäfsige Progression befolgen. Das Verhältnifs der gröfsten Abweichung zum Mittel beträgt 0,051, ein wenig mehr, als bei der ersten Person; allein diese Abweichung steht gleichsam isolirt und übertrifft die übrigen bedeutend.

Die Resultate der zweiten Person unterstützen also den Schlufs aus denen der ersten, nämlich, dafs der Winkelwerth der Irradiation sich nicht mit der Entfernung ändert.

61. Die dritte Person liefert uns folgende Tafel:

Dritte Person.

Mittl. Entfern.	1,054;	1,954;	2,768,	3,940;	4,476;	5,772
Irradiationswerthe	0,948;	1,023;	1,083;	1,015;	1,117;	1,039

Die Entfernungen gehen hier von etwa 1 bis an 6 Meter, die entsprechenden Irradiationswerthe weichen untereinander etwas mehr ab, als in den vorhergehenden Tafeln; allein auch hier sind die Unterschiede unregelmäfsig vertheilt. Das Mittel aus den sechs Werthen ist 1,037 und die Abweichungen sind:

−0,089; —0,014; +0,046; —0,022; +0,080; +0,002.

Die Ordnung ihrer Zeichen ist auch hier, wie man sieht, eine andere, als bei den beiden ersten Personen; das Verhältnifs zwischen dem gröfsten von ihnen und dem Mittelwerth ist 0,085. Mithin entfernen sich die Resultate der dritten Person, ungeachtet ihrer bedeutenderen Abweichungen, nicht so sehr von denen der beiden ersten Personen, dafs man nicht durch sie dasselbe Gesetz für festgestellt betrachten könnte.

62. Ehe ich zu den Resultaten der vierten Person übergehe, mufs ich eine Bemerkung machen über die Art, unter den vorhandenen Umständen das Mittel zu nehmen. Zuvörderst ist einleuchtend, dafs, bei ein und derselben Person, von den Systemen der an verschiedenen Tagen gemachten Beobachtungsreihen jede einer andern Irradiation entsprechen kann; denn die Umstände, von denen

die Helligkeit des Gegenstandes abhängen, können von Tag zu Tag veränderlich seyn; selbst wenn sie constant blieben, könnte das Befinden der Augen sich verändern, und in der Irradiation Veränderungen nach sich ziehen, die von den äufsern Umständen unabhängig sind. Hieraus sieht man, dafs man, um für eine bestimmte Person die mittlere Reihe zu erhalten, zunächst aus den an jedem Tage gemachten Beobachtungen gesondert das Mittel der bezüglichen Reihen nehmen, und darauf alle diese Mittel mit einander combiniren mufs. Sobald indefs die Zahl der Reihen für jeden Tag dieselbe ist, ist diefs Verfahren nicht mehr nöthig, denn das Mittel, welches dasselbe giebt, ist dann identisch mit dem, welches man direct aus der Gesammtheit aller Reihen fände. Diefs ist der Fall bei den Personen, deren Beobachtungen wir bisher discutirt haben; auch wurden diese Mittel direct erhalten. Allein diefs gilt nicht von der vierten Person. In der That gab jeder der drei ersten Beobachtungstage nur eine einzige Reihe, während der vierte zwei lieferte, und der fünfte zwei andere. Ich habe daher gesondert aus den beiden Reihen des vierten Tages und darauf aus den beiden des fünften Tages das Mittel genommen, alsdann diese beiden Mittelwerthe mit den drei Reihen der ersten Tage combinirt, um die definitive Mittelreihe zu erhaltnn, welche in folgender Tafel enthalten ist. Die Irradiationswerthe sind dann wie bei den andern Personen nach den diese Mittelreihe zusammensetzenden Entfernungen berechnet.

Vierte Person.

Mittl. Entfern.	1,483;	3,287;	4,919;	6,025;	7,543;	8,602
Irradiationswerthe	0,674;	0,608;	0,609;	0,663;	0,662;	0,697

Die Entfernungen wachsen ungefähr von 1,5 bis 8,5 Meter, und dennoch zeigen die Irradiationswerthe dasselbe Gesetz wie die früheren. Ihr Mittel ist 0,652 und die Abweichungen davon sind:

+0,022; —0,044; —0,043; +0,011; +0,010; +0,045,

deren Zeichen abermals eine neue Vertheilung zeigen. Das Verhältnifs der gröfsten zum Mittel ist 0,069. Diefs Verhältnifs kann etwas beträchtlich erscheinen, wenn man erwägt, dafs diese Person sieben Reihen lieferte, während jede der beiden ersten z. B. nur vier gegeben hat; allein man wird bemerken, dafs bei derselben Person die Irradiation weit schwächer ist als bei den andern; und man begreift, dafs, je weniger das Phänomen entwickelt ist, desto kleiner auch die Unterschiede desselben mit den Veränderungen der Entfernung sind, und desto schwieriger sich also die Entfernung ermitteln läfst, bei welcher die Ausweichung der Ränder verschwindet.

63. Um eine Art von mittlerem Resultat zwischen den Personen, deren Beobachtungen discutirt wurden, zu erhalten, nehmen wir aus jeder der vier vorstehenden Tafeln den ersten Irradiationswerth, d. h. den, welcher bei jeder Person der kleinsten Entfernung entspricht, und suchen aus diesen vier Werthen das Mittel, machen dann dasselbe mit den vier, die bei jedem Beobachter der zweiten Entfernung entsprechen, und so fort. Mit andern Worten, wir bilden eine mittlere Reihe aus den in unseren Tafeln enthaltenen vier Reihen von Irradiationswerthen, und erhalten sonach:

1,070; 1,100; 1,072, 1,086; 1,101; 1,081.

Man sieht, diese Gröfsen nähern sich sehr der Gleichheit. Ihr Mittel ist 1,085 und die Abweichungen davon betragen nur

—0,015; +0,015; —0,013; +0,001; +0,016; —0,004.

Sie sind fast abwechselnd positiv und negativ, und das Verhältnifs der gröfsten zum Mittel ist 0,014. Nimmt man endlich das Mittel aus den drei ersten und aus den drei letzten Gliedern der Reihe, so findet man die beiden fast identischen Resultate 1,080 und 1,088.

64. Gegen das von mir angewandte Verfahren zur

Erlangung des gesuchten Gesetzes könnte man einen Einwurf machen. Man könnte sagen: diefs Verfahren sey in der That genau, sobald alle von einer und derselben Person erhaltenen Reihen bei völliger Gleichheit sowohl der äufseren Umstände als des Befindens der Augen beobachtet wären, weil dann, wenn man in den successiven Reihen dieser Person die einer nämlichen Zahl von Schraubenumgängen entsprechenden Entfernungen nähme, die sich darbietenden Unterschiede nur von Beobachtungsfehlern herrühren könnten und demgemäfs das Mittel aus diesen Entfernungen mit dem kleinsten wahrscheinlichen Fehler die wahre Entfernung gäbe, in welche sich dieselbe Person zu begeben hätte, um die beiden Ränder genau in ihrer gegenseitigen Verlängerung zu sehen; alsdann auch folglich die Formel (3) des §. 56 die entsprechende wahrscheinliche Irradiation lieferten; — dafs dem aber nicht mehr so sey, sobald die Umstände von einer Reihe zur andern sich verändern. In diesem Falle rühren wirklich die Unterschiede, welche die einer gleichen Zahl von Schraubenumgängen entsprechenden Entfernungen unter einander zeigen, nicht mehr alleinig von Beobachtungsfehlern her; sie sind dann zum Theil von den Veränderungen der Irradiation selber entsprungen. Was bedeutet nun das Mittel aus diesen Entfernungen? Ist es die Entfernung, in welche sich ein Beobachter stellen müfste, wenn bei ihm die Irradiation gleich würde dem Mittel aus denen, die bei seinen verschiedenen Reihen stattgefunden haben? Wenn dem so wäre, würde die besagte Formel noch anwendbar seyn und diese mittlere Irradiation geben; allein nichts berechtigt uns zu dieser Voraussetzung. Man sieht also nicht füglich ein, was in den Tafeln der §§. 59—62 die mittleren Entfernungen sowohl wie die darunter geschriebenen Zahlen vorstellen.

65. Dieser Einwurf ist, was die Bedeutung der in diesen Tafeln enthaltenen Gröfsen betrifft, gegründet, obgleich die als Irradiationswerthe aus den mittleren Ent-

fernungen hergeleiteten Zahlen bis auf die Beobachtungsfehler sehr wenig von den wahren abweichen müssen. Allein die angewandte Methode ist richtig in alle den Fällen, wo man blofs nachweisen will, dafs der Winkelwerth der Irradiation unabhängig sey von der Entfernung. In der That werden wir sogleich zeigen, dafs, wenn diefs Gesetz existirt, die aus den folgweisen Mittel-Entfernungen eines nämlichen Beobachters hergeleiteten Zahlen identisch seyn müssen, abgesehen dabei immer von den Beobachtungsfehlern. Es kommt also wenig darauf an, dafs diese Zahlen, als Maafse der Irradiation, sich etwas von den wahren entfernen; es reicht hin zu untersuchen, ob sie bei Vergröfserung der Entfernung nicht merklich schwanken.

Angenommen, die Unabhängigkeit des Winkelwerths der Irradiation von der Entfernung des Gegenstands sey erwiesen, und es mache ein und dieselbe Person eine Zahl n von Reihen unter solchen Umständen, dafs die Irradiation in der ersten Reihe a' sey, in der zweiten a'', in der dritten a''', und so fort. Seyen δ_1, δ_2, δ_3 u. s. w. die Entfernungen bei der ersten Reihe, und folglich entsprechend einem, zwei, drei u. s. w. Schraubenumgängen; seyen eben so ε_1, ε_2, ε_3 u. s. w. die Entfernungen bei der zweiten Reihe, ζ_1, ζ_2, ζ_3 u. s. w. die der dritten und so fort. Dann hat man nach der Formel des §. 56 und vermöge der vorausgesetzten Unabhängigkeit zwischen der Irradiation und der Entfernung;

$$\left.\begin{aligned} a' &= \frac{1}{\delta_1} = \frac{2}{\delta} = \frac{3}{\delta_3} = \text{etc.} \\ a'' &= \frac{1}{\varepsilon_1} = \frac{2}{\varepsilon_2} = \frac{3}{\varepsilon_3} = \text{etc.} \\ a''' &= \frac{1}{\xi_1} = \frac{2}{\zeta_2} = \frac{3}{\zeta_3} = \text{etc.} \\ \text{etc.} &\quad \text{etc.} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

woraus:

$$\left.\begin{array}{llll}
\delta_1 = \frac{1}{a'}; & \delta_2 = \frac{2}{a'}; & \delta_3 = \frac{3}{a'}; & \text{etc.} \\
\varepsilon_1 = \frac{1}{a''}; & \varepsilon_2 = \frac{2}{a''}; & \varepsilon_3 = \frac{3}{a''}; & \text{etc.} \\
\zeta_1 = \frac{1}{a'''}; & \zeta_2 = \frac{2}{a'''}; & \zeta_3 = \frac{3}{a'''}; & \text{etc.} \\
\text{etc} & \text{etc.} & &
\end{array}\right\} (2)$$

Seyen nun D_1, D_2, D_3, etc. die einem, zwei, drei, u. s. w. Schraubenumgängen entsprechenden mittleren Entfernungen, welche in unseren Tafeln die oberen Kolumnen bilden, so hat man:

$$D_1 = \frac{\delta_1 + \varepsilon_1 + \zeta_1 + ..}{n}$$

$$D_2 = \frac{\delta_2 + \varepsilon_2 + \zeta_2 + ..}{n}$$

$$D_3 = \frac{\delta_3 + \varepsilon_3 + \zeta_3 + ..}{n}$$

etc. etc. etc.

und wenn man auf diese mittleren Entfernungen die Formel des §. 56 anwendet, wie es in den Tafeln geschehen, so kommt, wenn die resultirenden Zahlen durch A_1, A_2, A_3, etc. bezeichnet werden:

$$A_1 = \frac{1}{D_1} = \frac{n}{\delta_1 + \varepsilon_1 + \zeta_1 + ..}$$

$$A_2 = \frac{1}{D_2} = \frac{n}{\delta_2 + \varepsilon_2 + \zeta_2 + ..}$$

$$A_3 = \frac{1}{D_3} = \frac{n}{\delta_3 + \varepsilon_3 + \zeta_3 + ..}$$

etc. etc. etc.

Substituirt man nun in diesen Ausdrücken die durch die Formeln (2) gegebenen Werthe von δ_1, δ_2, . . ε_1, ε_2, . . ζ_1, ζ_2, . ., so findet man

$$A_1 = A_2 = A_3 = \text{etc.},$$

was zu beweisen war.

Wenn nun andere Personen Beobachtungen angestellt haben, und man bezeichnet durch A'_1, A'_2, A'_3, . . die aus den mittleren Entfernungen der zweiten hergeleiteten Zahlen, durch A''_1, A''_2, A''_3, . . die aus den mittleren Entfernungen der dritten abgeleiteten u. s. f., so hat man auch, die Beobachtungsfehler als Null vorausgesetzt,

$$A'_1 = A'_2 = A'_3 = \text{etc.}$$
$$A''_1 = A''_2 = A''_3 = \text{etc.}$$
etc.

Nimmt man also, wie man im §. 63 gethan, das Mittel aus A_1, A'_1, A''_1, . . ., darauf das Mittel aus A_2, A'_2, A''_2, . . . u. s. f., um eine allgemeine Mittelreihe aus den Resultaten der verschiedenen Beobachter zu erhalten, so müssen alle, diese Reihen zusammensetzenden, Zahlen gleichfalls identisch seyn. Nun haben wir gesehen, dafs dem sehr nahe so ist, und dafs die Abweichungen, ihres Ganges und ihrer Kleinheit wegen, den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden müssen.

66. Die vorstehenden Formeln zeigen auch, dafs die aus den als fehlerfrei vorausgesetzten mittleren Entfernungen hergeleiteten Zahlen nicht genau die mittlere Irradiation von denen vorstellen können, die bei den verschiedenen Reihen eines Beobachters stattgefunden haben; denn der gemeinschaftliche Werth der Gröfsen A_1, A_2, A_3, . . . ist, wie man sieht, die Ausführung der identischen Substitution

$$\frac{n}{\frac{1}{a'}+\frac{1}{a''}+\frac{1}{a'''}+\ldots},$$

wogegen die mittlere Irradiation offenbar ist:

$$\frac{a'+a''+a'''+\ldots}{n}.$$

Wir werden bald ein Mittel angeben, diese mittlere Irradiation für jede Person zu bestimmen.

67. Zur Auffindung des gesuchten Gesetzes giebt es eine andere, directere Methode, an welche ich leider zu spät gedacht habe. Man denke sich, die Schraube des Instruments habe einen getheilten Kopf, so dafs man Bruchtheile von Umgängen angeben könne. Statt dann, wie bei den früheren Versuchen, die Schraube zuvor eine bestimmte Zahl von Umgängen machen, und hierauf den Beobachter die Entfernung suchen zu lassen, in welcher die beiden Ränder in gegenseitiger Verlängerung erscheinen, würde man umgekehrt den Beobachter in eine bestimmte Entfernung stellen und die ganze und gebrochene Zahl von Umgängen aufsuchen, welche man die Schraube zur Hervorbringung desselben Effects machen lassen mufs. Jede Reihe würde dann aus Beobachtungen bei einer Reihe bestimmter Entfernungen, z. B. von 1, 2, 3, 4, 5, 6 Metern, bestehen, und diese Entfernungen würden für alle Reihen und alle Beobachter dieselben bleiben. Man würde dann auf jede der partiellen Beobachtungen einer nämlichen Person die Formel des §. 56 anwenden, und jedes der Resultate würde den genäherten Werth der Irradiation für diese Person, für die entsprechende Entfernung und für die bei der Beobachtung stattgefundenen Umstände vorstellen. Alsdann würde man für alle successiven Entfernungen das Mittel der so erhaltenen und auf sie bezüglichen Werthe nehmen, und jedes dieser Mittel würde nun in Wahrheit, bis auf die Beobachtungsfehler, die mittlere Irradiation seyn von denen an verschiedenen Tagen bei der entsprechenden Entfernung, nur müfste man, wenn die Anzahl der an jedem dieser Tage ausgeführten Reihen nicht gleich wäre, die Mittel gesondert für jeden dieser Tage nehmen und darauf diese Mittel unter sich combiniren. Endlich hätte man, wie wir im §. 63 gethan, die allgemeine Mittelreihe aus den von allen Beobachtern zu nehmen, und diese Reihe würde

das gesuchte Gesetz mit den geringsten wahrscheinlichen Fehlern geben. Die Zahlen, aus denen sie bestände, würde dann für jede der successiven Entfernungen, die mittlere Irradiation von denen der verschiedenen Beobachter vorstellen. Die eben auseinandergesetzte Methode würde also den Vortheil haben, nur Resultate einer niedlichen Auslegung darzubieten. Ich habe bei anderen weiterhin zu erwähnenden Beobachtungen von derselben Gebrauch gemacht.

68. Endlich kann man denselben Grad mittelst einer anderen Betrachtung erreichen, die sich auf unsere Beobachtungen, so wie sie gemacht sind, anwenden läfst. Ich sage zunächst, dafs wenn der Winkelwerth der Irradiation mit zunehmender Entfernung constant bleibt, die successiven Entfernungen, die eine nämliche partielle Reihe zusammensetzen, bis auf die Beobachtungsfehler sich wie die successiven Zahlen von Schrauben-Umgängen, also, bei unseren Versuchen, wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten müssen. Diefs zeigen in der That die Formeln (2) des §. 65, und ist übrigens auch leicht zu begreifen, denn da der die Irradiation messende Gesichtswinkel sehr klein ist, so mufs man, wenn seine, der Zahl der Schraubenumgänge proportionale Grundlinie wächst, die Entfernung offenbar in demselben Verhältnifs wachsen, damit er einen constanten Werth behalte. In der Hypothese der Unabhängigkeit des Winkelwerths der Irradiation von der Entfernung und in der Voraussetzung, dafs die Beobachtungen unserer vier Personen fehlerfrei seyen, müfsten also die successiven Entfernungen, welche jede partielle Reihe zusammensetzen, sich unter einander wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten, wobei übrigens die absoluten Werthe dieser Entfernungen, vermöge der Irradiations-Verschiedenheiten, von einer Reihe zur andern, bei derselben Person, und von einer Person zur andern veränderlich seyn können. Die Reihe der mittleren Entfernungen würde also bei jeder Person offenbar noch dem-

selben Gesetze folgen. Diese Reihe bildet nun aber in jeder der vier Tafeln der §§. 59—62 die obere Horizontalkolumne, und wirklich zeigen alle diese Horizontalkolumnen auf eine mehr oder weniger angenäherte Weise das in Rede stehende Gesetz. Endlich kann man diese Reihen von mittleren Entfernungen unter sich combiniren, um daraus eine allgemeine Mittelreihe abzuleiten, die also ebenfalls dasselbe Gesetz darstellen muſs. Führen wir diese Operation aus, so erhalten wir als Resultat die Reihe:

1,014; 2,045; 3,091; 4,034; 4,950; 5,956,

deren Glieder sich in der That sehr nahe wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten.

69. Es ist also, glaube ich, jetzt erlaubt, als hinreichend bewiesen den Satz aufzustellen:

Der Winkelwerth der Irradiation ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstands vom Auge.

70. Daraus folgt, als nothwendiges Corollar (§. 54) der andere Satz:

Die absolute Breite, welche wir der Irradiation beilegen, ist, bei Gleichheit aller übrigen Dinge, proportional der Entfernung, die zwischen uns und dem Gegenstande da ist oder uns da zu seyn scheint.

Das ist also das Gesetz, welches der von der Irradiation bewirkte scheinbare Effect befolgt, wenn man sich vom Gegenstande entfernt.

Jetzt können wir von der Bemerkung im §. 55 eine rechtmäſsige Anwendung machen, und die eben aufgestellten Sätze als vollwichtige Argumente zu Gunsten der Hypothese von einer Fortpflanzung der Eindrücke auf der Netzhaut ansehen. Die vorstehenden Sätze und die zu ihrer Aufstellung angewandten Versuche führen zu anderweitigen wichtigen Folgerungen, die wir nun nach einander untersuchen wollen.

71. Die Irradiation ist bisher von Physikern und

Astronomen nur bei sehr entfernten Gegenständen beobachtet worden. Man sieht indefs nun, dafs sie bei kleinen Entfernungen so gut wie bei grofsen stattfindet, nur dafs der scheinbare Effect, da er im Verhältnifs der Entfernung abnimmt (§. 70) weniger auffallend ist bei näheren Gegenständen. Die kleinste der in der allgemeinen Tafel des §. 58 angeführten Entfernungen beträgt 63 Centimeter. Das ist schon wenig, allein es steht zu glauben, dafs sie bei noch geringeren Entfernungen, ja selbst bei der kürzesten Entfernung des deutlichen Sehens sichtbar gemacht werden könne, und in der That habe ich bereits die Sache durch Erfahrung bestätigt.

Der Apparat, der mir hiezu am zweckmäfsigsten erschien, ist, was die Form betrifft, der im §. 28 beschriebenen, ausgeschnittenen Pappe analog; allein statt der Pappe mufs man eine Platte von Kupfer nehmen und ihr kleinere Dimensionen geben. Diese Platte mufs ungefähr ein Decimeter in Breite und Höhe halten und ein Millimeter dick seyn; die gemeinschaftliche Breite der beiden kleinen Zonen, der vollen und der ausgeschnittenen, mufs ein halbes Millimeter betragen [1]), und die Länge einer jeden ein Centimeter; endlich müssen ihre Ränder von hinten zugeschärft seyn. Diesen Apparat hält man Abends vor die Flamme einer argandschen Lampe und betrachtet

1) Es ist wesentlich zu bemerken, dafs der Künstler, welcher den Apparat anfertigt, sich gegen die Irradiations-Effecte seiner eigenen Augen in Acht nehme, denn selbst wenn er nur den Apparat durch Reflexion betrachtete, könnte die Irradiation die voll gelassene Zone etwas breiter, und die ausgeschnittene etwas schmäler machen, was bewirken würde, dafs er, um das scheinbare Zusammenfallen der Ränder zu erlangen, beiden Zonen in Wirklichkeit ungleiche Breiten gäbe. Er mufs also ein Verfahren anwenden, welches ihm erlaubt, diese Breiten zu messen, unabhängig von dem Anblick, den sie gewähren; auch kann er eine Lupe anwenden, sobald er die Sache so einrichtet, dafs zwischen dem Gegenstande und dem Felde, auf das der Gegenstand sich projicirt, nur ein geringer Unterschied von Helligkeit vorhanden ist. Hiedurch kann sich auch die Person, welche den Apparat gebraucht, überzeugen, ob derselbe gut gemacht sey.

ihn in der Entfernung des deutlichen Sehens. Der Effect der Irradiation ist dann sehr ausgeprägt und wird nicht eher unmerklich, als bis das Auge die Gränze erreicht, jenseits welcher das Sehen anfängt seine Deutlichkeit zu verlieren. Man könnte auch den früher gebrauchten Apparat mit der Schraube zu diesem Versuche anwenden, indem man zuvor die beiden Ränder in ihre gegenseitige Verlängerung brächte; allein die Erscheinung zeigt sich besser bei den eben beschriebenen.

Erinnern wir uns nun der wohlbekannten Thatsache der mit blofsem Auge beobachteten Irradiation der Gestirne (§. 2 und 8—11), so werden wir zu dem neuen Satz geführt: *Die Irradiation zeigt sich bei allen Entfernungen, von der kürzesten des deutlichen Sehens bis zu einer jeglichen.*

Selbst also, beiläufig gesagt, wenn man mit denen, die Kepler's Theorie (§. 8) annehmen, läugnete, ein normal gebildetes Auge könne sich so abändern, dafs es die von einem sehr entfernten Punkt kommenden Strahlen auf der Retina vereinigte, würde es doch unmöglich seyn, hiedurch die Irradiation zu erklären, da diese eben so gut bei der Entfernung des deutlichen Sehens stattfindet.

72. Als zweite Folgerung aus dem Satz des §. 69 und der zu dessen Erweise angestellten Gattung von Versuchen ergiebt sich die Lösung einer wichtigen Aufgabe, nämlich die Bestimmung des sehr genäherten Werthes der Irradiation bei einer Person unter gewissen gegebenen Umständen. In der That giebt die Formel des §. 56, angewandt auf jede der partiellen Beobachtungen, die sich mit unserem Schrauben-Apparat machen lassen, den Werth der Irradiation unter den entsprechenden Umständen mit einer ersten Annäherung; und da dieser Werth bei verschiedenen Entfernungen derselbe bleiben mufs, so erhält man durch alle zu einer Reihe gehörigen Beobachtungen, oder vielmehr durch das System der von ei-

einer nämlichen Person zur nämlichen Zeit ausgeführten Reihen eben so viele mehr oder weniger genaue Werthe dieser nämlichen Irradiation. Wenn also diese Werthe hinlänglich zahlreich sind, so wird das Mittel aus ihnen den Werth der Irradiation bei dieser Person unter den bei diesen Reihen stattgehabten Umständen mit einer grofsen Genauigkeit liefern. Hat dieselbe Person andere Systeme von Reihen zu anderen Zeiten ausgeführt, so nimmt man eben so das entsprechende Mittel aus jeder von ihnen. Machen wir die Anwendung von allem Diesem auf die allgemeine Tafel des §. 58.

73. Hier zuvörderst, in einer anderen, nach derselben Ordnung entworfenen Tafel, alle Resultate, welche man aus denen der ersteren mittelst der Formel des §. 56 herleiten kann.

Partielle Irradiationswerthe.

Tag.						
			Erste Person.			
1.	1,449	1,587	1,796	1,932	1,479	1,550
-	1,587	1,492	1,744	1,532	1,736	1,474
2.	1,587	1,613	1,172	1,575	1,441	1,474
-	1,333	1,575	1,293	1,311	1,420	1,418
			Zweite Person.			
1.	1,470	1,250	1,185	1,173	1,131	1,125
-	1,111	1,428	1,149	1,123	1,204	1,107
2.	1,098	1,104	1,158	1,052	1,052	1,100
-	1,111	1,086	1,102	1,092	1,096	1,117
			Dritte Person.			
1.	0,813	0,735	1,195	1,176	1,111	1,043
2.	0,617	0,980	0,974	1,047	1,041	1,115
3.	1,086	0,881	0,882	0,856	0,905	1,000
4.	1,176	1,379	0,970	0,856	1,285	0,991
5.	1,538	1,550	1,704	1,273	1,362	1,056

Partielle Irradiationswerthe.

Tag.	Vierte Person.					
1.	0,684	0,588	0,483	0,559	0,595	0,545
2.	0,531	0,506	0,600	0,465	0,467	0,594
3.	0,595	0,520	0,465	0,666	0,694	0,721
4.	0,757	0,557	0,759	0,845	0,786	0,810
-	0,793	0,749	0,817	0,975	0,869	0,808
5.	0,833	0,909	0,958	1,025	1,000	0,883
-	0,990	0,985	0,955	0,995	0,874	1,077

74. Erinnern wir uns hier, daſs jeder dieser Werthe auf die von uns (§. 56) angenommene Irradiations-Einheit bezogen ist, und daſs diese den Winkel zum Maaſse hat, welcher aus der Entfernung eines Meters eine Grundlinie bespannt, gleich der halben Ausweichung, die zwischen den Rändern beider Platten durch einen einzigen Schraubenumgang bewirkt wird. Bei meinem Instrumente ergab sich diese Ausweichung, sorgfältig nach dem Verfahren im §. 55 gemessen, gleich $0^{mm},466$. Die besagte Grundlinie ist also $= 0^{mm},233$, woraus der, unserer Irradiations-Einheit entsprechende Winkel $= 0' 48''$. Wenn wir also aus den verschiedenen, in obiger Tafel enthaltenen Systemen von Werthen die respectiven Mittel nehmen, welche sich ebenfalls auf dieselbe Einheit beziehen, so werden wir sie in Bruchtheilen von Graden ausdrücken können, wenn wir sie mit 48″ multipliciren. Das habe ich in der folgenden Tafel gethan, wo die eine Spalte diese Mittel in Function der Einheit des §. 56 und die andere in Bruchtheilen von Graden angiebt, nebst Beifügung der schon im §. 58 angezeigten äuſseren Umstände.

Tag.	Mittlere Irradiations-Werthe in Function der Einheit des §. 56.	in Graden.	Aeufsere Umstände.
	Erste Person.		
1ster	1,613	1′ 17″,4	Jan. Nord. 10^h M. heiter.
2ter	1,434	1′ 8″,3	do. do. 2^h N. do.
	Zweite Person.		
1ster	1,204	0′ 57″,7	Jan. Ost. 12^h M. schwach nebl.
2ter	1,097	0′ 52″,6	do. do. do. bedeckt.
	Dritte Person.		
1ster	1,012	0′ 48″,5	Jan. Nord. 11^h M. heiter.
2ter	0,962	0 46 ,5	do. do. do. do.
3ter	0,935	0 44 ,8	do. Ost. $10\frac{1}{2}^h$ M. do.
4ter	1,109	0 53 ,2	do. do. do. bedeckt.
5ter	1,413	1 7 ,8	Febr. do. 11^h M. do.
	Vierte Person.		
1ster	0,575	0′ 27″,6	Jan. Ost. 11^h M. heiter.
2ter	0,527	0 25 ,2	do. do. $1\frac{1}{2}^h$ N. schwach nebl.
3ter	0,612	0 29 ,3	do. do. do. do.
4ter	0,793	0 38 ,0	do. do. do. heiter.
5ter	0,957	0 45 ,9	Febr. Ost. 2^h N. schwach nebl.

75. Ehe ich zeige, zu welchen Folgerungen diese Resultate führen, will ich suchen, eine Idee von ihrer Genauigkeit zu geben. Bemerken wir zunächst, dafs die einen respective aus einem Systeme von zwei Reihen, folglich aus einer Gesammtheit von 12 partiellen Resultaten abgeleitet sind, während jedes der übrigen nur aus einer einzigen Reihe, oder aus sechs partiellen Resultaten herstammt. Zu der ersten Kategorie gehören die Resultate der ersten und zweiten Person, und die beiden letzten der vierten Person; alle übrigen fallen der zweiten Kategorie anheim. Untersuchen wir zuvörderst die der ersten Kategorie, welche mehr Wahrscheinlichkeit für Genauigkeit darbieten, und beginnen mit dem ersten der ersten Person. Zerfällen wir die zwölf partiellen

Resultate, die zu dessen Bildung beigetragen haben (§. 73) in zwei Gruppen von sechs, oder, in andern Worten, betrachten jede der beiden ihnen entsprechenden Reihen für sich, und nehmen das Mittel aus jeder dieser Gruppe, um es mit dem allgemeinen Mittel zu vergleichen. Wir finden sonach, nachdem wir diese partiellen Mittel in Bruchtheile von Graden verwandelt haben:

Erste Gruppe 1′ 18″,3. Zweite Gruppe 1′ 16″,5.

Jedes dieser partiellen Mittel weicht also von dem oben gegebenen allgemeinen Mittel 1′ 17″,4 nur um 0″,9 ab, eine Gröſse, die nur ein Hundertel von diesem allgemeinen Mittel beträgt. Wir können also den wahrscheinlichen Fehler dieses letzten Mittels als äuſserst klein betrachten.

Dieselben Operationen, auf das zweite Resultat derselben Person angewandt, geben:

Erste Gruppe 1′ 10″,8. Zweite Gruppe 1′ 6″,7.

Die Unterschiede vom allgemeinen Mittel 1′ 8″,8 betragen hier 2″ [1]), zwar etwas mehr als bei dem ersten Resultat, aber doch, bei der Natur der Beobachtungen, sehr wenig. Das Verhältniſs dieser Abweichung vom allgemeinen Mittel ist nur drei Procent.

Schreiten wir zur zweiten Person. Für das erste ihrer beiden Resultate erhalten wir:

Erste Gruppe 0′ 58″,6. Zweite Gruppe 0′ 56″,9.

Die Unterschiede vom allgemeinen Mittel 57″,7 sind nur 0″,9 und 0″,8 [2]), und ihr Verhältniſs zu diesem Mittel steigt nicht auf 2 Procent.

Für das zweite Resultat derselben Person finden wir:

Erste Gruppe 0′ 52″,5. Zweite Gruppe 0′ 52″,8.

1) Die erste giebt 2″, die zweite 2″,1. Die kleine Ungleichheit beider Unterschiede entspringt aus den bei Berechnung der Mittel vernachlässigten Decimalen.

2) Hier wie bei den beiden folgenden Resultaten gilt dieselbe Bemerkung.

Werthe, die vom allgemeinen Mittel 52″6 nur um 0″,1 und 0″,2 abweichen, und zu diesem Mittel nur im Verhältnifs einiger Tausendstel stehen.

Die beiden letzten Resultate der vierten Person endlich geben:

	Erstes Resultat.	Zweites Resultat.
Erste Gruppe	0′ 36″0	0′ 44″8
Zweite Gruppe	0′ 40″0	0′ 46″9
Abweich. vom allg. Mittel	2″	1″,1 u. 1″,0
Verhältn. zu demselb.	0,05	0,02.

Man sieht also, dafs diese Resultate fast eben so genau, wie die der ersten und zweiten Person sind.

76. Aus dieser Erörterung folgt, dafs ein mittleres Resultat, hergeleitet aus zwölf mit unserem Schrauben-Apparat angestellten partiellen Resultaten, als sehr genau betrachtet werden mufs, ja selbst noch ein blofs aus sechs Beobachtungen abgeleitetes.

Ohne uns merklich von der Wahrheit zu entfernen, können wir demnach sagen, dafs das Irradiations-Maximum [1]), welches ein Gegenstand von der Helligkeit des Himmels [2]) bei heiterem Wetter, im Norden, im Januar, um zehn Uhr Morgens, erzeugt, bei der ersten Person sich auf 1′ 17″,4 beläuft, und so fort für die übrigen vier Personen. Die im §. 72 gestellte Aufgabe ist folglich gelöst.

77. Allein die Genauigkeit unserer mittleren Resultate führt noch eine andere merkwürdige und von mir schon mehrmals bezeichnete Folgerung mit sich, nämlich, dafs bei stets gleichbleibender Helligkeit des Gegenstandes die Irradiation bei einer und derselben Person von Tag zu Tag veränderlich ist. In der That, wenn man

1) Man wird sich erinnern, dafs bei jeder einzelnen Beobachtung die Beschauung bis zum Maximum des Effects fortgesetzt ward.

2) Ich vernachlässige hier den kleinen Lichtverlust bei der Reflexion am Spiegel (§. 57), da er die Irradiation nur in ganz unmerklichem Grade schwächen kann (§. 86).

in der Tafel des §. 74 nachsieht, welche Umstände an den beiden Beobachtungstagen der ersten Person die Helligkeit des Gegenstandes bedingt haben, so findet man, daſs der einzige Unterschied in der Tageszeit lag, welche bei dem ersten Fall 10 Uhr Morgens, bei dem zweiten 2 Uhr Nachmittags war. Nun kann die Helligkeit des Himmels gegen Norden und an einem heiteren Tage offenbar als beinahe gleich zu beiden Zeiten betrachtet werden, wenn, wie es wirklich der Fall war, die beiden Beobachtungstage wenig auseinander liegen. Deſsungeachtet betrug die Irradiation, die sich im ersten Falle auf 1′ 17″,4 belief, im zweiten nur 1′ 8″,8; der Unterschied 8″,6 ist offenbar zu groſs, als daſs er den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnte; überdieſs werde ich weiterhin (§§. 86 und 89) andere Resultate von derselben Person mittheilen, die noch beträchtlichere Schwankungen anzeigen. Was die zweite Person betrifft, so kann der kleine Unterschied, den ihre beiden mittleren Resultate darbieten, der geringeren Helligkeit des Himmels an ihren beiden Beobachtungstagen zugeschrieben werden.

Wenden wir uns indeſs zur dritten Person und vergleichen das dritte und fünfte, d. h. das gröſste und kleinste ihrer mittleren Resultate. Die Stunde war fast gleich für beide, und wiewohl zwischen den beiden Beobachtungen, von denen die eine im Januar und die andere im Februar angestellt wurde, eine ziemlich groſse Zahl von Tagen liegt, so war doch sicher die Helligkeit des Himmels geringer bei der zweiten; denn er war damals bedeckt, während er bei der ersten heiter war. Deſsungeachtet zeigte die Irradiation statt einer Verringerung eine bedeutende Vergröſserung, indem sie von 44″,8 auf 1′ 7″,8 stieg, was einen Unterschied von 23″ giebt. Freilich ist jedes dieser beiden mittleren Resultate nur aus sechs partiellen Resultaten (§. 73) abgeleitet, allein die Gröſse des Unterschiedes 23″ entfernt jede Möglichkeit,

diesen als von Beobachtungsfehlern herrührend zu betrachten. Ueberdiefs können wir die respectiven aus einem Systeme von zwei Reihen hergeleiteten Resultate vergleichen. Zu dem Ende nehmen wir zuvörderst das Mittel aus den beiden ersten der mittleren Resultate der besagten Person; wir finden dadurch 47",3. Diese Gröfse, welche also aus 12 partiellen Resultaten hervorgeht, repräsentirt die mittlere Irradiation von denen, welche bei der Person an ihren beiden ersten Beobachtungstagen stattfanden. Nehmen wir hierauf das Mittel aus den beiden letzten der mittleren Resultate derselben Person, so erhalten wir 1' 0",5, eine gleichfalls aus zwölf partiellen Resultaten abgeleitete Gröfse, die eben so die mittlere Irradiation von denen der zwei letzten Tage darstellt. Nun war der Himmel an diesen beiden letzten Tagen bedeckt, an den beiden ersten dagegen heiter; allein, trotz der geringeren Helligkeit des Gegenstandes, sieht man, dafs das zweite der obigen beiden Mittel das erste um 13",2 übertrifft.

Endlich zeigen die mittleren Resultate der vierten Person eben so grofse Schwankungen, unabhängig von den äufseren Umständen. Das zweite und dritte dieser Resultate sind jedes abgeleitet aus einer einzigen Reihe (§. 73) und entsprechen genau gleichen äufseren Umständen. Nehmen wir das Mittel, welches 27",2 ist, und vergleichen es mit dem fünften mittleren Resultat, welches aus einer Gesammtheit von zwei Reihen entspringt und 45",9 beträgt. Diese letzte Gröfse übertrifft die erste um 18",7, und doch mufste, wie man aus den Angaben in der Tafel folgern kann, die Helligkeit des Gegenstandes nahe dieselbe seyn zu diesen Zeiten. Freilich fällt die eine in den Januar und die andern in den Februar, allein die letztere ist um eine halbe Stunde gegen die erstere zurück. Ueberdiefs werden wir weiterhin (§. 86) sehen, dafs sobald die Helligkeit des Gegenstandes vergleichbar ist mit der des Himmels, es sehr grofser Variationen in

dieser Helligkeit bedarf, um die Irradiation auf eine beträchtliche Weise zu ändern.

Aus allem Vorhergehenden folgt also der Schluſs: *Bei demselben Individuum und mit einem Gegenstand von derselben Helligkeit schwankt die Irradiation von Tag zu Tag bedeutend.*

Diese Thatsache ist, wie ich schon gesagt habe, eine ganz natürliche Folgerung der Theorie, die aus der Irradiation ein Phänomen der Empfindung macht, und umgekehrt kann sie als Beweis dieser Theorie gebraucht werden, denn nach jeder andern Theorie würde sie schwer zu erklären seyn.

(Schluſs im nächsten Heft.)

II. *Ueber die Intensität des Lichts in der Nähe einer Brennlinie; von G. B. Airy.*

(*Transact. of the Cambridge Philosoph. Society Vol. VI, p.* 379.)

Die Untersuchung, welche ich hier darbiete, gehört scheinbar nur dem Fall der Reflexion an, aber der einleitende Theil, zweckmäſsig abgeändert, ist eben so wohl auf alle Fälle von Refraction und alle Combinationen von Reflexion und Refraction anwendbar; auch scheint kein Grund vorhanden, warum nicht auch der letzte Theil (die Bestimmung der Lichtstärke, unter der Voraussetzung, die Lichtwelle werde, wenn sie die letzte Fläche verlasse, in eine groſse Anzahl kleiner Theile zerfällt, deren einzelne Wirkungen dann zusammen zu setzen sind) auf diese Fälle anwendbar seyn sollte. Denn wiewohl wir, streng genommen, annehmen müssen, die Welle werde bei ihrem Abgang von der ersten Fläche zerfällt, um die Intensität der Vibration an jedem Punkt der zweiten Fläche zu finden, so ist doch klar, daſs diejenigen

Schlüsse, welche die definitive Reflexion oder Refraction einer Welle feststellen (und auf die eben erwähnte Betrachtung gegründet sind), dahin führen, es werde daselbst für die Sinne eine gegenseitige Zerstörung aller Vibrationen an der zweiten Fläche (als nicht fern von der ersten vorausgesetzt) stattfinden, mit Ausnahme derer, welche nach den gewöhnlichen Gesetzen der geometrischen Optik vollständig in Rechnung genommen werden. Wo das Licht die zweite Fläche im Zustand von Convergenz trifft, mag dieser Schlufs vielleicht nicht so klar seyn; allein ich glaube seine Richtigkeit läfst sich auch hier leicht erweisen. Ich habe dieser Punkte erwähnt, weil eine der interessantesten Fälle von natürlichen Brennlinien, nämlich der *Regenbogen*, damit zusammenhängt. Der äufsere Bogen schliefst die ersterwähnte Bedingung ein, der innere sowohl die erste als zweite.

---

1. Der Begriff einer Brennlinie und deren mathematischen Definition beruhen wesentlich auf den Gesetzen der geometrischen Optik, und zu diesen müssen wir also zurückgehen, um eine Darstellung der zu physikalisch-optischen Untersuchungen geeigneten Bedingungen aufzufinden. Zur Vereinfachung werden wir unsere Figuren auf die Reflexionsebene beschränken und die reflektirende Fläche auf einer merklichen Strecke als symmetrisch in Bezug auf diese annehmen, so dafs das von diesem Theil der Fläche gebildete Stück der Brennlinie in derselben Ebene liegt.

2. In Fig. 1 Taf. IV sey die Lichtquelle S zugleich der Anfangspunkt der Coordinaten, x und y die Coordinaten des Punktes X der reflektirenden Fläche, p und q die Coordinaten des Punktes P im reflektirten Strahl, V die Länge des Weges, den das Licht von S zur reflektirenden Oberfläche und von da zum Punkt P zurücklegt. Die gewöhnlichen Reflexionsgesetze lehren uns, dafs die Winkel des Einfalls und Rückwurfs gleich sind,

und folglich, wenn wir auf der reflektirenden Fläche einen Punkt X' sehr nahe an X nehmen und ihn mit P und S verbinden, daſs die Verlängerung ZX' einer dieser Linie gleich sey der Verkürzung XZ' der andern, und ihre Summe sich nicht verändert, oder daſs, gesetzt $\frac{d(V)}{dx}$ sey der Differential-Coëfficient von V in Bezug auf x; und y auch als Function von x betrachtet (was anders geschrieben, ist: $\frac{dV}{dx}+\frac{dV}{dy}\cdot\frac{dy}{dx}\Big)$, alsdann $\frac{d(V)}{dx}=0$. Dieſs ist die für den Reflexionspunkt geltende Bedingung.

3. Wenn nun p und q die Coordinaten eines Brennpunkts sind, weil er in diesem Fall ein Punkt in der Bahn der von jedem Punkt der Oberfläche reflektirten Strahlen ist, so ist $\frac{d(V)}{dx}=0$ an jedem Punkt und deshalb $V=Constans$, und $\frac{d^2(V)}{dx^2}$, $\frac{d^3(V)}{dx^3}$, etc. sind Null an jedem Punkt. Dieſs ist die Bedingung für die nach einem Brennpunkt reflektirten Strahlen.

4. Wiewohl indeſs die Bedingung $V=C$ mit allen ihren Folgerungen nothwendig ist für die Convergenz der zu einem Brennpunkt reflektirten Strahlen, so ist doch diese Bedingung nicht nothwendig für die Convergenz eines sehr kleinen Strahlenbündels, das auf die reflektirende Fläche fällt. Für dieses ist nur nothwendig, daſs die beiden Gleichungen $\frac{d(V)}{dx}=0$ und $\frac{d(V')}{dx}=0$ zugleich stattfinden, wenn $x'=x+\delta x$ ist und V' den entsprechenden Werth hat. Das heiſst, es müssen gleichzeitig folgende Gleichungen stattfinden:

$$\frac{d(V)}{dx} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad =0,$$

$$\frac{d(V)}{dx}+\frac{d^2(V)}{dx^2}\cdot\frac{\delta x}{1}+\frac{d^3(V)}{dx^3}\cdot\frac{(\delta x)^2}{1\cdot 2}+\text{etc.}=0.$$

Aus diesen erhalten wir:

$$\frac{d^2(V)}{dx^2}+\frac{d^3(V)}{dx^3}\cdot\frac{\delta x}{1\cdot 2}+\text{etc.}=0,$$

als Gleichung, welche ausdrückt, dafs die bei x u. $x+\delta x$ einfallenden Strahlen einander schneiden, und macht man δx unendlich klein, so reducirt sich diese so nahe wie wir wollen auf die Gleichung

$$\frac{d^2(V)}{dx^2}=0.$$

Diefs ist also die Gleichung, welche für die endliche (*ultimate*) Convergenz der Strahlen stattfinden mufs.

5. Nun ist die Definition einer Brennlinie in der geometrischen Optik „der Ort der letzten (*ultimate*) Intersectionen reflektirter Strahlen“ und daher für jeden Punkt einer Brennlinie $\frac{d(V)}{dx}=0$ u. $\frac{d^2(V)}{dx^2}=0$, wenn derjenige Werth von x gebraucht wird, der dem Punkt der reflektirenden Fläche entspricht, von welchem das Licht nach jedem besondern Punkt der Brennlinie reflektirt wird. Allein $\frac{d^3(V)}{dx^3}$ ist nicht nothwendig $=0$, und im Allgemeinen ist sein Werth endlich. Denn wenn wir in Fig. 2 Taf. IV einen Punkt P' der Brennlinie nehmen, welcher der reflektirenden Fläche näher ist als P, und wenn X' der entsprechende Punkt der reflektirenden Fläche ist, so ist bekanntlich nach der geometrischen Theorie der Brennlinien:

$$SX'+X'P+P'P=SX+XP.$$

Verbinden wir nun X' mit P, so ist offenbar:

$$X'P<X'P'+P'P,$$

also

$$SX'+X'P<SX+XP.$$

oder

$$V'<V.$$

Aehnlich haben wir, wenn wir auf der Brennlinie einen Punkt P'' nehmen, der von der reflektirenden Fläche entfernter ist als P', und wenn X'' der entsprechende Punkt auf der reflektirenden Fläche ist

$$SX''+X''P''=SX+XP+PP''.$$

Aber

$$X''P+PP''>X''P''.$$

Also

$$SX''+X''P+PP''>SX+XP+PP'',$$

oder

$$SX''+X''P>SX+XP,$$

oder

$$V''>V.$$

Der erste Differentialcoëfficient von V also, welcher einen endlichen Werth hat, ist von ungerader Ordnung, und da wir in dem allgemeinen Fall, gemäſs der eigentlichen Bedeutung des Worts *allgemein*, diejenigen Bedingungen nehmen müssen, welche die kleinste Anzahl besonderer Gleichungen erfordern, so müssen wir auf den ersten Coëfficient von ungerader Ordnung achten, der noch nicht durch eine Gleichung gefesselt ist. In dem allgemeinen Fall hat also für einen Punkt in einer Brennlinie $\frac{d^3(V)}{dx^3}$ einen endlichen Werth. Möglicherweise kann es geschehen, daſs an singulären Punkten $\frac{d^3(V)}{dx^3}$ und $\frac{d^4(V)}{dx^4}$ verschwinden, und $\frac{d^5(V)}{dx^5}$ einen endlichen Werth hat; allein diese besonderen Fälle beabsichtige ich nicht weiter zu berücksichtigen.

6. Bei Verfolgung dieses Gangs der Untersuchung würden wir finden, daſs an einer Spitze (*cusp*) einer Brennlinie $\frac{d(V)}{dx}=0$, $\frac{d^2(V)}{dx^2}=0$, $\frac{d^3(V)}{dx^3}=0$ u. $\frac{d^4(V)}{dx^4}$ einen endlichen Werth hat. Ich will jedoch diesen Gegenstand nicht weiter fortsetzen.

7. Die Bedingungen für irgend einen Punkt in einer Brennlinie sind also im Allgemeinen diese: Wird V gemessen von der Lichtquelle zu irgend einem Punkt der reflektirenden Fläche und von da zu dem gegebenen Punkt der Brennlinie, so ist, im Fall der Punkt der reflektirenden Fläche zusammenfällt mit dem entsprechenden Reflexionspunkt:

$$\frac{d(V)}{dx}=0, \quad \frac{d^2(V)}{dx^2}=0, \quad \frac{d^3(V)}{dx^3}=C,$$

wo C eine endliche Function von x, y, p und q ist. Das Zeichen von C kann so gefunden werden. In dem im §. 5 angenommenen und in Fig. 2 Taf. IV abgebildeten Fall war $V'<V$ und $V''>V$; wenn nun V' mit sich bringt, dafs x abnimmt, oder wenn x von der Convexität der Brennlinie ab gemessen wird, so ist C positiv. Wird aber x gegen die Convexität der Brennlinie gemessen, so ist C negativ.

8. Der Werth von C kann so gefunden werden. Man ziehe $P'Q'$ senkrecht auf PX'; dann kann $Q'X'$ als gleich mit $P'X'$ betrachtet werden (es ist von ihm nur durch Gröfsen verschieden, die von der vierten Potenz von PP' oder XX' abhängen), und daher ist $V-V'$, welches im §. 5 $=X'P+P'P-X'P$ gefunden ward, $=P'P-Q'P$. Es werde nun x nahe senkrecht zu der Brennlinie bei P gemessen, sey ϱ der Krümmungshalbmesser der Brennlinie in P, und φ der kleine Winkel zwischen PX und $P'X'$. Dann ist $\delta x=PX\cdot\varphi$ und also $\varphi=\frac{\delta x}{PX}$. Und

$$PP'-Q'P=\varrho\cdot\frac{\varphi^3}{1\cdot2\cdot3}=\frac{\varrho}{(FX)^3}\cdot\frac{\delta x^3}{1\cdot2\cdot3}.$$

Setzt man diefs gleich dem entsprechenden Glied in der Taylor'schen Reihe für V', so findet man

$$C=\frac{d^3(V)}{dx^3}=\frac{\varrho}{(PX)^3}.$$

9. Nun nehme man einen Punkt nahe an der Brennlinie, deren Coordinaten $p+\delta p$ und q sind (δp gemessen abwärts von der Convexität der Brennlinie parallel mit x oder nahe senkrecht gegen die Brennlinie bei P). Sey V_1 die Länge der Bahn des Lichts vom Ursprung bis zu irgend einem Punkt des Reflectors und von da zum Punkt $p+\delta p$, q. Dann haben wir

$$V=\sqrt{x^2+y^2}+\sqrt{(x-p)^2+(y-p)^2},$$

$$V_1=\sqrt{x^2+y^2}+\sqrt{(x-p-\delta p)^2+(y-q)^2},$$

oder

$$V_1=V+\sqrt{(x-p-\delta p)^2+(y-q)^2}-\sqrt{(x-p)^2+(y-q)^2},$$

welches, wenn man es bis zur ersten Potenz von δp entwickelt, wird

$$V_1=V-\frac{x-p}{\sqrt{(x-p)^2+(y-q)^2}}\delta p,$$

und folglich in dem allgemeinen Fall, dafs V durch irgend einen Punkt der reflektirenden Fläche gemessen wird,

$$\frac{d(V_1)}{dx}=\frac{d(V)}{dx}+A\cdot\delta p,$$

$$\frac{d^2(V_1)}{dx^2}=\frac{d^2(V)}{dx^2}+B\cdot\delta p,$$

$$\frac{d^3(V_1)}{dx^3}=\frac{d^3(V)}{dx^3}+D\cdot\delta p,$$

wo A, B, D endliche Functionen von x, y, p und q sind.

In dem besondern Fall, dafs V durch den Punkt, welcher (nach dem gewöhnlichen Gesetz) Strahlen nach p und q reflektirt, gemessen wird, hat man:

$$\frac{d(V_1)}{dx}=A\cdot\delta p;\quad \frac{d^2(V_1)}{dx^2}=B\cdot\delta p;$$

$$\frac{d^3(V_1)}{dx^3}=C+D\cdot\delta p \text{ oder } =C,$$

wenn, wie wir immer annehmen werden, δp klein ist.

10. Setzt man also V'_1 für die Länge der Bahn durch $x+\delta x$, $y+\delta y$ nach $p+\delta p$, q (wo δp ganz unabhängig ist von δx), so haben wir

$$V'_1 = V_1 + A\delta p \frac{\delta x}{1} + B\delta p \frac{(\delta x)^2}{1\cdot 2} + C\cdot\frac{(\delta x)^3}{1\cdot 2\cdot 3},$$

oder z für δx gesetzt.

$$V'_1 = V_1 + A\delta p \frac{z}{1} + B\delta p \frac{z^2}{1\cdot 2} + C\cdot\frac{z^3}{1\cdot 2\cdot 3},$$

bei Fortlassung der übrigen Glieder.

11. Der Werth von C ist schon gefunden; der von A (die einzige Gröfse, die uns sonst noch interessirt) wird durch Differentiation des Ausdrucks für V_1 erhalten. So finden wir

$$A\delta p = \delta p \frac{(x-p)(y-q)\frac{dy}{dx} - (y-q)^2}{[(x-p)^2 + (y-q)^2]^{\frac{3}{2}}},$$

oder, da $x-p$ als sehr klein vorausgesetzt ist

$$A = -\frac{1}{y-q} = -\frac{1}{PX}.$$

12. Es giebt einen so eigenthümlichen und wie es scheint so leicht zu Fehler führenden Fall in diesen Ausdrücken, dafs er einer besondern Untersuchung bedarf, um so mehr als er beim Regenbogen vorkommt. Diefs ist der Fall, wo man bei Ermittlung der Ablenkung der reflektirten oder gebrochenen Strahlen (von einer festen Richtung) findet, dafs beim Fortgehen in derselben Richtung längs der zurückwerfenden oder brechenden Fläche die Ablenkung bis zu einem gewissen Betrage wächst und dann abnimmt, und so umgekehrt. In diesem Fall besteht die Brennlinie aus zwei unverbundenen unendlichen Zweigen in entgegengesetzten Richtungen, mit einer gemeinschaftlichen Asymptote, parallel mit der Lage des Maximums oder Minimums der Ablenkung der Strahlen. Um diesen Fall zu erforschen, wollen wir untersuchen, welche Gestalt die Vorderfläche der Welle, unmittelbar

nachdem sie die zurückwerfende oder brechende Fläche verlassen, besitzt, und dabei die Länge der Bahn des Lichts von dieser Vorderfläche ab messen. Sey A, Fig. 3 Taf. IV, der Punkt, an welchem die Asymptote die Vorderfläche der Welle schneidet (was zugleich der Punkt der Vorderfläche seyn wird, wo die Ablenkung ein Maximum oder Minimum ist), und dessen Coordinaten 0 und b sind. Sey X irgend ein Punkt in der Vorderfläche, dessen Coordinaten x und y (wo x von der Asymptote ab gemessen und y ihr parallel ist), so wie p und q die ähnlich gemessenen Coordinaten irgend eines Punktes P nahe der Asymptote. Heiſst nun s die Länge AX, und ϑ der Winkel zwischen der Tangente an X mit der Tangente an A, dann giebt die Bedingung, daſs die Ablenkung der Richtung der Strahlen (oder der Tangente an der Vorderfläche der Welle) von einer festen Richtung ein Maximum oder Minimum sey, die Relation $\vartheta = \frac{s^2}{a^2}$, worin a eine Constante. Erwägt man nun, daſs $\frac{dx}{ds} = \cos\vartheta$ und $\frac{dy}{ds} = \sin\vartheta$, so erhält man mit hinlänglicher Annäherung $x = s$, $y = b + \frac{s^3}{3a^2} = b + \frac{x^3}{3a^2}$, und die Vorderfläche der Welle ist also eine kubische Parabel. Der Abstand des Punkts P von X ist

$$= \sqrt{(x-p)^2 + (y-q)^2}$$

$$= \sqrt{p^2 - 2px + x^2 + (b-q)^2 + \frac{2(b-q)}{3a^2}x^3},$$

und dieſs bis zur dritten Potenz von x entwickelt und c^2 für $p^2 + (b-q)^2$ gesetzt, giebt:

$$PX = c\left[1 - \frac{p}{c^2}x + \tfrac{1}{2}\cdot\frac{c^2-p^2}{c^4}x^2 + \left(\frac{b-q}{3a^2c^2} + \tfrac{1}{2}\frac{p(c^2-p^2)}{c^6}\right)x^3\right].$$

Nehmen wir nur den Hauptheil von jedem Coëfficienten (was für jeden besonderen Fall vollkommen hinreicht,

reicht, da $\frac{p}{b-q}$ wahrscheinlich nie bei einer Beobachtung auf $tang\,2^0$ steigen wird), so wird diefs:

$$PX = (b-q)\left[1 - \frac{p}{(b-q)^2}x + \tfrac{1}{2}\cdot\frac{1}{(b-q)^2}x^2 + \frac{1}{3a^2(b-q)}x^3\right]$$

$$= b - q - \frac{p}{b-q}x + \tfrac{1}{2}\cdot\frac{1}{b-q}x^2 + \frac{1}{3a^2}x^3.$$

Bei Anwendungen dieses Ausdrucks ist es wichtig zu bemerken, dafs der Coëfficient von x^3 unabhängig ist von p und q (nur abhängt von den Dimensionen des Regentropfens oder anderer zurückwerfenden oder brechenden Körper) und dafs der Coëfficient von x nur abhängt von dem Winkel, den PX mit der Asymptote macht.

13. Es erhellt demnach, dafs in den beiden betrachteten Fällen, die Länge des (durch den allgemeinen Punkt der reflektirenden Fläche oder der Vorderfläche der Welle gehenden) Wegs der Welle zu dem betrachteten Punkt, nahe der Brennlinie, durch eine Formel dritter Ordnung ausgedrückt wird, in welcher die erste Potenz der Ordinate des Punkts in der Vorderfläche der Welle proportional ist dem Abstand des beleuchteten Punkts von der Brennlinie oder der Asymptote, und in welcher der Coëfficient der dritten Potenz unabhängig ist von diesem Abstande. Setzen wir in dem ersten Fall

$$z + \frac{PX^3 \cdot B \cdot \delta p}{\varrho} = z'$$

ferner E für ein von z unabhängiges Glied, und unterdrücken im Coëfficient von z das Glied, welches δp^2 einschliefst im Vergleich mit δp, so wird der erste Ausdruck:

$$V'_1 = E + \frac{\varrho}{6\,PX^3}\left[z'^3 - \frac{6\,PX^2}{\varrho}\delta p \cdot z'\right],$$

Und wenn wir im zweiten Beispiele setzen

$$x + \tfrac{1}{2}\frac{a^2}{b-q} = x',$$

und erwägen, dafs bei dem Regenbogen a ein sehr kleiner Bruch eines Zolles ist, während p viele Fufs betragen kann, dafs demnach a gegen p vernachlässigt werden kann, so kommt:

$$PX = F + \frac{1}{3a^2}\left[x'^3 - \frac{3a^2}{b-q} p . x'\right].$$

14. Schreiten wir jetzt zur Lichtstärke des beleuchteten Punkts. Ich werde dabei die Integration für die auf der Ebene x, y senkrechte Ordinate ganz vernachlässigen, weil sie nur einen gemeinschaftlichen Factor für jeden Theil einführen, und deshalb nichts an dem Verhältnifs der Lichtstärke in den verschiedenen Punkten ändern würde. Angenommen die grofse Lichtwelle sey zerfällt in unendlich viele kleine Theile, von denen jeder der Ursprung einer, nach allen Richtungen sich ausbreitenden kleinen Welle ist, so wird die durch diese kleine Welle bewirkte Erschütterung des Aethers an dem erleuchteten Punkt, zufolge der Undulationstheorie, gemessen durch das

$$\text{Stück der kleinen Welle} \times \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - \text{d. ganz. Weg}),$$

also im ersten Fall durch:

$$\delta z' \times \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left[vt - E - \frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3 - \frac{6PX^2}{\varrho}\delta p . z'\right)\right]$$

und im zweiten Fall durch:

$$\delta x' \times \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left[vt - F - \frac{1}{3a^2}\left(x'^3 - \frac{3a^2}{b-q} p . x'\right)\right].$$

16. Im ersten Fall ist also der Ausdruck für die ganze Störung:

$$\int_{z'} \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left[vt - E - \frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3 - \frac{6PX^2}{\varrho}\delta p . x'\right)\right].$$

Die Gränzen, innerhalb deren die Integration auszuführen ist, gehen von einem merklich negativen Werth

von z bis zu einem merklich positiven Werth von z', und wegen der Kleinheit des Divisors λ, und der Unwirksamkeit der Strahlen, deren Wege um viele Multipla von λ von E abweichen, wird diese Integration dieselbe seyn, wie wenn sie zwischen den Gränzen $-\infty$ und $+\infty$ genommen würde. Nun ist das Integral dasselbe als:

$$sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-E)\int_{z'} cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3-\frac{6PX^2}{\varrho}\cdot\delta p\cdot z'\right)$$

$$-cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-E)\int_{z'} sin\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^2}\left(z'^3-\frac{6PX^2}{\varrho}\cdot\delta p\cdot z\right).$$

Allein zwischen den Gränzen $-\infty$ und $+\infty$ ist offenbar

$$\int_{z'} sin\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3-\frac{6PX^2}{\varrho}\cdot\delta p\cdot z'\right)=0,$$

weil jeder positive Werth von einem gleichen negativen Werth aufgehoben wird. Daher ist denn der Ausdruck für die Störung des Aethers an dem beleuchteten Punkt:

$$sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-E)\int_{z'} cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3-\frac{6PX^2}{\varrho}\cdot\delta p\cdot z'\right)$$

das Integral genommen zwischen $-\infty$ und $+\infty$; oder:

$$2sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-E)\int_{z'} cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^3}\left(z'^3-\frac{6PX^2}{\varrho}\cdot\delta p\cdot z'\right)$$

das Integral genommen von 0 bis unendlich.

Macht man:

$$\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\varrho}{6PX^3}z'^3=\frac{\pi}{2}w^3 \quad \text{oder} \quad z'=PX\left(\frac{3\lambda}{2\varrho}\right)^{\frac{1}{3}}\cdot w,$$

und setzt

$$m \text{ für } \delta p\cdot\left(\frac{96}{\lambda^2\varrho}\right)^{\frac{1}{3}}$$

dabei den constanten Factor fortlassend, so finden wir als Ausdruck für die Störung des Aethers an dem beleuchteten Punkt:

$$\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-E)\int\limits_{w}\cos\frac{\pi}{2}(w^3-m\cdot w)$$

und daher als Ausdruck für die Intensität des Lichts:

$$\left[\int\limits_{w}\cos\frac{\pi}{2}(w^3-m\cdot w)\right]$$

das Integral genommen von $w=0$ bis $w=\infty$.

Es ist zu bemerken, dafs m proportional δp ist, und dafs deshalb die Lichtstärke auf der geometrischen Brennlinie, oder wo $\delta p=0$ ist, gefunden wird, wenn man in dieser Formel $m=0$ macht.

16. In dem zweiten Fall hat die gesammte Störung des Aethers zum Ausdruck:

$$\int\limits_{x'}\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left[vt-F-\frac{1}{3a^2}\left(x'^3-\frac{3a^2}{b-q}p\cdot x'\right)\right],$$

was, wie oben gezeigt, gleich ist:

$$2\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-F)\cdot\int\limits_{x'}\cos\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{3a^2}\left(x'^3-\frac{3a^2}{b-q}p\cdot x'\right)$$

von $x'=0$ bis $x'=\infty$.

Macht man nun

$$\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{1}{3a^2}\cdot x'^3=\frac{\pi}{2}w^3 \text{ oder } x'=\left(\frac{3a^2\lambda}{4}\right)^{\frac{1}{3}}\cdot w,$$

und setzt man

$$m \text{ für } \frac{p}{b-q}\times\left(\frac{48a^2}{\lambda^2}\right)^{\frac{1}{3}}$$

und läfst den constanten Factor fort, so ist, wie zuvor, die Lichtstärke

$$\left[\int\limits_{w}\cos\frac{\pi}{2}(w^3-m\cdot w)\right]^2$$

das Integral genommen von $w=0$ bis $w=\infty$.

Bemerkt muſs werden, daſs m hier proportional $\frac{p}{b-q}$ ist. Es ist daher Null für Punkte in Richtung der Asymptote, und für andere Punkte ist es proportional dem Winkel, welchen die aus der Mitte der Welle gezogene Linie mit der Asymptote macht.

17. Die Werthe von $\int_w \cos\frac{\pi}{2}(w^3 - m \cdot w)$ von $w=0$ bis $w=\infty$ und die Quadrate derselben für jede 0,2 von $m=-4,0$ bis $m=+4,0$ sind in der folgenden Tafel enthalten.

Werthe von m.	Entsprechende Werthe von $\int_w \cos\frac{1}{2}\pi(w^3 - mw)$ von 0 bis ∞.	Quadrate dieser Werthe.
—4,0	+0,00298	0,0000089
—3,8	+0,00431	0,0000186
—3,6	+0,00618	0,0000382
—3,4	+0,00879	0,0000773
—3,2	+0,01239	0,0001536
—3,0	+0,01730	0,000299
—2,8	+0,02393	0,000573
—2,6	+0,03277	0,001074
—2,4	+0,04442	0,00197
—2,2	+0,05959	0,00355
—2,0	+0,07908	0,00625
—1,8	+0,10377	0,01077
—1,6	+0,13461	0,01812
—1,4	+0,17254	0,02977
—1,2	+0,21839	0,04769
—1,0	+0,27283	0,07444
—0,8	+0,33621	0,11304
—0,6	+0,40839	0,16678
—0,4	+0,48856	0,23869
—0,2	+0,57507	0,33071
0,0	+0,66527	0,44259
+0,2	+0,75537	0,57059
+0,4	+0,84040	0,70628

Werthe von m.	Entsprechende Werthe von $\int\limits_w cos\,\frac{1}{2}\pi(w^3 - mw)$ von 0 bis ∞.	Quadrate dieser Werthe.
+0,6	+0,91431	0,83597
+0,8	+0,97012	0,94114
+1,0	+1,00041	1,00082
+1,2	+0,99786	0,99572
+1,4	+0,95606	0,91406
+1,6	+0,87048	0,75773
+1,8	+0,73939	0,54670
+2,0	+0,56490	0,31912
+2,2	+0,35366	0,12508
+2,4	+0,11722	0,013741
+2,6	—0,12815	0,016422
+2,8	—0,36237	0,13131
+3,0	—0,56322	0,31721
+3,2	—0,70874	0,50231
+3,4	—0,78018	0,60868
+3,6	—0,76516	0,58547
+3,8	—0,66054	0,43631
+4,0	—0,47446	0,22511

Die Ausdehnung dieser Tafel für die positiven Werthe von m ist nicht so grofs als ich wohl wünschte; allein sie geht doch weit genug, um uns zu befähigen, die merkwürdigsten Punkte in der Vertheilung der Helligkeit festzusetzen.

18. Von $m = -4{,}0$ bis $m = -1{,}6$ ist die Helligkeit fast unmerklich. (In der That scheint sie, so wie der negative Werth von m zunimmt, in einer fast geometrischen oder vielleicht hypergeometrischen Reihe abzunehmen). Dann wächst sie rasch, und erlangt ihr Maximum, wenn $m =$ nahe $+1{,}08$; ihr Werth ist dann nahe $=1{,}001$. Darauf nimmt sie schnell ab bis $m =$ nahe $+2{,}48$, wo sie $=0$ ist. Nun wächst sie wieder bis $m = +3{,}47$, wo sie nahe $=0{,}615$ oder etwa $=$ drei Fünfteln ihres ersten Maximums. Dann nimmt sie wieder rasch ab bis zu Ende der Tafel, und scheint abermals

Null zu werden bei einem Werth von m, der wenig von $+4,4$ abliegt.

19. Einer der wichtigsten Punkte besteht darin, dafs das Maximum der Helligkeit nicht auf der geometrischen Brennlinie liegt, d. h. nicht wo $m=0$, sondern wo $m=+1,08$, d. h. an der äufseren Seite der Convexität der Brennlinie, oder an der hellen Seite der geometrischen Lage des Regenbogens, d. h. (bei dem Haupt-Regenbogen) innerhalb desselben. Die folgende, aus den obigen Zahlen abgeleitete Regel, wird in Praxis hinreichen, die geometrische Lage zu bestimmen. Wenn der erste Neben- (*spurious*) Regenbogen sichtbar ist, messe man den Abstand seines Intensitäts-Maximums von dem des glänzenden Bogens; dann liegt der geometrische Bogen nach Aufsen vom glänzenden Bogen um $\frac{11}{24}$ dieses Abstandes.

20. Es ist ein Gegenstand der Wifsbegierde zu ermitteln, welche Relation zwischen den so durch eine vollständige Anwendung der Undulationstheorie bestimmten Intensitäten, oder wenigstens Orten des Maximums oder Minimums der Helligkeit und denen stattfindet, welche durch die unvollkommene Theorie, dafs sich das Licht gemäfs der geometrischen Optik fortpflanze, und diese Strahlen nach den einfachen Interferenzregeln mit einander interferiren, gefunden werden würden. Wir haben zunächst die Lage der beiden Strahlen aufzusuchen, die an jeglichem Punkt miteinander interferiren. Nun ist die Länge des Wegs irgend eines Strahls bis zu dem erleuchteten Punkt $=E+\frac{\lambda}{4}(w^3-mw)$, und nach (2) ist der erste Differentialcoëfficient dieser Gröfse in Bezug auf w gleich Null für diejenigen Strahlen, die nach den gewöhnlichen Regeln der Reflexion und Refraction gehen. Diese Differentiation ausgeführt giebt:

$$3w^2-m=0; \quad w=\pm\sqrt{\tfrac{1}{3}m}.$$

Die Länge des Wegs der beiden Strahlen ist also:

$$E-\frac{\lambda}{4}\sqrt{\frac{4m^3}{27}} \text{ und } E+\frac{\lambda}{4}\sqrt{\frac{4m^3}{27}}$$

und ihr Unterschied demnach

$$\frac{\lambda}{2}\sqrt{\frac{4m^3}{27}}$$

Die Zerstörung des Lichts würde also, nach dieser unvollkommenen Theorie, stattfinden, wenn

$$\sqrt{\frac{4m^3}{27}}=1, \text{ oder } =3, \text{ oder } =5, \text{ u. s. w.}$$

d. h. wenn

$$m=\sqrt[3]{\frac{27}{4}} \text{ oder } =\sqrt[3]{\frac{27\cdot 9}{4}} \text{ etc.,}$$

oder wenn

$$m=1{,}89 \text{ oder } =3{,}93 \text{ etc.}$$

und daher würde für negative Werthe von m durchaus kein Licht da seyn. Dagegen haben wir durch die vollständige Theorie gefunden, dafs für negative Werthe von m merklich Licht vorhanden ist, und dafs die Zerstörung des Lichts stattfindet, wenn $m=2{,}48$ oder $=4{,}4$ (nahe). Nach der unvollkommenen Theorie würde die Intensität unendlich seyn, wenn $m=0$, und das nächste Maximum würde näher an 1,89 als an 3,93, vielleicht bei $m=2{,}7$ liegen. Dagegen haben wir oben gefunden, dafs die Intensität nirgends unendlich ist, dafs das erste Maximum eintritt, wenn $m=1{,}08$, und das zweite, wenn $m=3{,}47$.

21. In Fig. 4 Taf. IV habe ich die Intensität des Lichts dargestellt durch die Ordinaten einer Curve, deren Abscissen die verschiedenen Werthe von m vorstellen. Die starke Linie entspricht der Bestimmung nach der vollständigen Theorie, die getüpfelte Linie der nach der alten Emissionstheorie (dabei die Intensität als umgekehrt abnehmend wie die Quadratwurzel des Abstands von der Brennlinie vorausgesetzt); und die schwache Linie der nach der oben erwähnten unvollständigen Interferenztheorie,

welche die Maxima-Werthe in gewissem Grade proportional den Ordinaten der getüpfelten Linie giebt. Die absoluten Werthe der Ordinaten in der schwachen und der getüpfelten Linie sind nicht nothwendig als auf dieselbe Einheit mit denen in der starken Linie bezogen anzusehen; allein die Abscissen entsprechen einander genau in allem.

(Einen Anhang, worin der Verfasser die numerische Berechnung des Integrals $\int_{w=\infty}^{w=0} \cos\frac{1}{2}\pi(w^3-mw)$ entwikkelt, glauben wir hier, da er rein mathematisch ist, wenigstens einstweilen fortlassen zu dürfen (*P.*).)

III. *Vierzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Philos. Transact. f.* 1838, *pt. II.*)

§. 20. Natur der elektrischen Kraft oder Kräfte.

1667. Die in den drei vorhergehenden Reihen von Experimental-Untersuchungen (Ann. Bd. 46, 47 und 48) aufgestellte und erläuterte Vertheilungstheorie lehrt in Bezug auf die Natur der elektrischen Kraft oder Kräfte nichts Neues, sondern bloſs in Bezug auf deren Vertheilung (*Distribution*). Die Wirkungen können abhängen entweder von einer Verknüpfung Einer elektrischen Flüssigkeit mit den Theilchen der Körper, wie nach der Theorie von Franklin, Aepinus, Cavendish und Mossotti; oder von der Verknüpfung zweier elektrischen Flüssigkeiten, wie nach der Theorie von Dufay und Poisson; oder auch von keinem Ding, was eigentlich

elektrisches Fluidum genannt werden kann, sondern von Schwingungen oder anderen Abänderungen (*affections*) der Materie, in welcher sie erscheinen. Dergleichen Verschiedenheiten in der Ansicht über die Natur der Kräfte haben keinen Einfluſs auf die Theorie, und wiewohl diese sich die wichtige Aufgabe gestellt, anzugeben, *wie* die Kräfte geordnet seyen (wenigstens bei den Vertheilungs-Erscheinungen), so liefert sie doch, so weit ich bis jetzt sehen kann, nicht einen einzigen Versuch, welcher als ein entscheidender Beweis der Wahrheit dieser verschiedenen Ansichten betrachtet werden könnte.

1668. Allein die Ermittlung, wie die Kräfte geordnet seyen, die Verfolgung derselben in ihre verschiedene Beziehungen zu den Körpertheilchen, die Bestimmung ihrer allgemeinen Gesetze und der specifischen Unterschiede, welche bei diesen Gesetzen vorkommen, ist eben so wichtig, wenn nicht wichtiger als die Kenntniſs, ob die Kräfte in einer Flüssigkeit beruhen oder nicht; und in der Hoffnung, diese Untersuchung zu unterstützen, will ich einige fernere theoretische und experimentelle Entwicklungen geben von den Umständen, unter welchen, ich annehme, die Körpertheilchen befindlich sind, wenn sie Vertheilungserscheinungen zeigen.

1669. Die Theorie nimmt an, daſs alle *Theilchen* sowohl von isolirenden als leitenden Substanzen, als Ganze, Leiter sind.

1670. Daſs sie in ihrem Normalzustand nicht polar sind, es aber durch den Einfluſs benachbarter geladener Theilchen werden können, und der Polarzustand in einem Augenblick entwickelt werden kann, genau wie in einer isolirten leitenden *Masse* von vielen Theilchen.

1671. Daſs die Theilchen, polarisirt, in einem Zwangszustand befindlich sind, und in ihren normalen oder natürlichen Zustand zurückzukehren suchen.

1672. Daſs sie, da sie, als Ganze, Leiter sind, leicht

geladen werden können, entweder massenhaft oder polar (*bodily or polarly*).

1673. Dafs Theilchen, welche in der Linie der Vertheilungswirkung an einander liegen, ihre Polarkräfte *mehr oder weniger leicht* einander mittheilen oder auf einander übertragen können.

1674. Dafs in denen, die dieses weniger leicht thun, die Polarkräfte auf einen höheren Grad steigen, bevor diese Uebertragung oder Mittheilung stattfindet.

1675. Dafs die leichte Mittheilung der Kräfte zwischen angränzenden Theilchen: *Leitung*, und die schwierige: *Isolation* ausmacht, dafs Leiter und Isolatoren Körper sind, deren Theilchen von Natur die Eigenschaft besitzen, ihre respectiven Kräfte leicht oder schwierig mitzutheilen, und dafs die Körper darin gerade so verschieden sind, als in andern natürlichen Eigenschaften.

1676. Dafs die gewöhnliche Vertheilung das Resultat ist der Einwirkung der mit erregter oder freier Elektricität geladenen Substanz auf isolirende Substanz, und in dieser den entgegengesetzten Zustand zu gleichem Betrage zu erregen sucht.

1677. Dafs sie (die geladene Substanz (*P*.)) diefs nur vermag durch Polarisation der dicht angränzenden Theilchen, welche dasselbe bei den nächsten bewirken, diese wiederum bei den folgenden, und dafs so die Wirkung fortgepflanzt wird von dem erregten Körper zu der nächsten leitenden Masse, und daselbst die entgegengesetzte Kraft sichtbar macht, in Folge des Effects der Mittheilung, welche in der leitenden Masse nach der Polarisation der Theilchen (*of that body*) hinzutritt (1675).

1678. Dafs Vertheilung deshalb nur durch Isolatoren hin stattfinden kann; dafs Vertheilung Isolation ist, und die nothwendige Folge des Zustands der Theilchen und der Art, wie der Einflufs elektrischer Kräfte querdurch solche isolirende Media fortgepflanzt oder durchgelassen wird.

1679. Die Theilchen eines isolirenden Di-elektricum, das unter Vertheilung steht, kann verglichen werden mit einer Reihe kleiner Magnetnadeln, oder, noch richtiger, mit einer Reihe kleiner isolirter Conductoren. Wenn der Raum rings um eine geladene Kugel gefüllt wäre mit einem Gemeng von einem isolirenden Di-elektricum, wie Terpenthinöl oder Luft, und kleinen kugelförmigen Leitern, wie Schrot, in der Weise, dafs diese etwas von einander abständen um isolirt zu seyn, so würden diese in ihrem Zustand und ihrer Wirkung genau dem ähneln, was ich glaube der Zustand und die Wirkung der Theilchen des isolirenden Di-elektricum selbst ist. Wäre der Körper geladen, so würden alle diese kleinen Leiter polar; würde man die Kugel entladen, so würden alle in ihren Normalzustand zurückkehren, um bei Wiederladung der Kugel abermals polarisirt zu werden. Der mittelst Vertheilung querdurch solche Theilchen in einer entfernten leitenden Masse erregte Zustand würde von entgegengesetzter Art seyn, und im Betrage genau gleich der Kraft der vertheilenden Kugel. Es würde daselbst eine Seitenverbreitung der Kraft (1224. 1297) stattfinden, weil jedes polarisirte Kügelchen in einer thätigen oder Spannungs-Beziehung zu allen ihm benachbarten stände, gerade so wie ein Magnet auf zwei oder mehre benachbarte Magnetnadeln wirken kann, und diese wiederum auf eine noch gröfsere Zahl jenseits liegende wirken können. Hieraus würden krumme Linien der Vertheilungskraft entstehen, wenn der vertheilte Körper in solch einem gemischten Di-elektricum eine unisolirte metallische Kugel (1219 etc.) oder andere gehörig geformte Masse wäre. Solche krummen Linien sind die Folgen zweier elektrischen Kräfte, so geordnet wie ich es annehme; und dafs die Vertheilungskraft nach solchen krummen Linien gerichtet werden kann, ist der strengste Beweis des Daseyns der beiden Kräfte und des Polarzustands der di-elektrischen Theilchen

1680. Ich glaube, es ist einleuchtend, dafs in dem angegebenen Fall die Wirkung in die Ferne nur aus ei-

ner Wirkung der anliegenden leitenden Theilchen hervorgehen kann. Kein Grund ist da, warum der vertheilende Körper *entfernte* Leiter polarisiren oder afficiren, und die *benachbarten*, namentlich die Theilchen des Dielektricums, unafficirt lassen sollte; alle Thatsachen und Versuche mit leitenden Massen oder Theilchen von beträchtlicher Gröfse widersprechen einer solchen Voraussetzung.

1681. Ein auffallender Character der elektrischen Kraft ist der, dafs sie begränzt und ausschliefsend (*limited and exclusive*) ist, und dafs die beiden Kräfte immer zu genau gleichem Betrage vorhanden sind. Die Kräfte sind auf zweierlei Weisen verknüpft, entweder wie in dem natürlichen, normalen Zustand eines ungeladenen, isolirten Leiters, oder wie in dem geladenen Zustand; der letztere ist ein Fall von Vertheilung.

1682. Fälle von Vertheilung sind leicht so geordnet, dafs die beiden Kräfte, als begränzt in ihrer Richtung, aufserhalb des angewandten Apparats keine Erscheinungen oder Anzeigen darbieten. Wenn z. B. eine Leidner Flasche, deren äufsere Belegung etwas höher als die innere ist, geladen wird, und man darauf die Ladungs-Kugel und Stange entfernt, so zeigen sich keine elektrischen Erscheinungen, so lange ihre Aufsenseite unisolirt ist. Die beiden Kräfte, welche so zu sagen in den Belegen oder in den benachbarten Theilchen des Di-elektricums enthalten sind, sind vermittelst Vertheilung querdurch das Glas ganz mit einander beschäftigt (*engaged*); und eine Tragekugel (1181) wird, nach Anlegung an die Aufsen- oder Innenseite der Flasche, keine Anzeigen von Elektricität geben. Wenn man aber die Flasche isolirt, und Ladungs-Kugel und Stange, im ungeladenen Zustand und hängend an einem isolirten Faden weifser Seide, wieder an ihren Ort bringt, so wird der über die Flasche hervorragende Theil elektrische Anzeigen geben und die Tragekugel laden, und zugleich wird man finden, dafs

der *äufsere* Beleg der Flasche im entgegengesetzten Zustande ist und auf umgebende Gegenstände vertheilend wirkt.

1683. Diefs sind einfache Folgen der Theorie. So lange die Ladung des inneren Belegs nur durch das Glas auf den äufseren Beleg vertheilend wirken kann, und dieser letztere nicht mehr von entgegengesetzter Kraft, als was jener äquivalent war, enthält, kann an der Flasche keine Vertheilung nach Aufsen wahrgenommen werden. So wie aber der innere Beleg durch den Stab und die Kugel so erweitert wird, dafs er durch die Luft auf äufsere Gegenstände vertheilend wirken kann, sinkt die Spannung der polarisirten Glastheilchen, vermöge ihrer Neigung in den Normalzustand zurückzukehren, ein wenig, und ein Theil der Ladung, der zu der Oberfläche dieses neuen Theils des innern Conductors übergeht, wirkt vertheilend durch die Luft auf ferne Gegenstände, während zugleich ein zuvor nach Innen gerichteter Theil der Kraft in dem äufseren Belege in Freiheit gesetzt wird; und, nun gezwungen durch die Luft hin nach Aufsen vertheilend zu wirken, in diesem äufseren Beleg dasjenige erzeugt, was man, ich glaube sehr ungeeignet, freie Ladung genannt hat. Eine kleine Leidner Flasche, der man die unter dem Namen des elektrischen Brunnens bekannte Gestalt gegeben, wird diese Wirkung sehr vollständig erläutern.

1684. Die Ausdrücke: *freie Ladung* und *gebundene Elektricität* (*dissimulated electricity*) führen daher zu irrigen Begriffen, wenn damit irgend ein Unterschied in der Art oder Weise der Wirkung bezeichnet seyn soll. Die Ladung auf einem isolirten Leiter in der Mitte eines Zimmers, steht zu den Wänden dieses Zimmers in derselben Beziehung, wie die Ladung auf dem innern Belege einer Leidner Flasche zu dem äufseren Belege derselben Flasche. Die eine ist nicht *freier* oder *gebundener* als die andere, und wenn wir zuweilen Elektricität

hervorrufen, wo sie früher nicht nachzuweisen war, wie auf der Aufsenseite einer geladenen Flasche; wenn wir, nach deren Isolirung, die innere Belegung berühren, so geschieht diefs nur, weil wir mehr oder weniger von der Vertheilungskraft aus der einen Richtung in die andere lenken; denn unter solchen Umständen wird in dem Charakter oder der Wirkung der Kraft nicht die geringste Veränderung bewirkt.

1685. Nach dieser allgemeinen theoretischen Ansicht, will ich nun zu besonderen Punkten in Betreff der Natur der angenommenen elektrischen Polarität der Theilchen des isolirenden Di-elektricums übergehen.

1686. Der Polarzustand bei der gewöhnlichen Vertheilung kann betrachtet werden als ein Zwangszustand, aus dem die Theilchen in ihren Normalzustand zurückzukehren suchen. Durch gegenseitige Näherung des vertheilenden und vertheilten Körpers oder durch andere Umstände kann er wahrscheinlich zu einem hohen Grad gesteigert werden, und die Phänomene der Elektrolysirung (851. 1652. 1706) scheinen anzudeuten, dafs das Verhältnifs der Kraft, die so in einem einzigen Theilchen angehäuft werden kann, ungeheuer ist. In Zukunft mögen wir im Stande seyn, Corpuscularkräfte wie die der Schwere, Cohäsion, Elektricität und chemischen Verwandtschaft mit einander zu vergleichen und auf diese oder andere Weise ihre relativen Aequivalente aus ihren Effecten abzuleiten; für jetzt vermögen wir es nicht; allein es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dafs ihre (der Körpertheilchen?(*P.*)) elektrischen Kräfte, die zugleich ihre chemischen sind (891. 918) bei weitem die mächtigsten sind.

1687. Die durch die Polarisation entwickelten Kräfte betrachte ich nicht als beschränkt auf zwei besondere als Pole einer Axe anzusehende Punkte oder Stellen der Oberfläche eines jeden Theilchens, sondern als verwei-

lend auf grofsen Stücken dieser Oberfläche, wie es der Fall ist auf der Oberfläche eines in den Polarzustand versetzten Leiters von bedeutender Gröfse. Allein es ist sehr wahrscheinlich, dafs, ungeachtet der specifischen Unterschiede, welche die Theilchen verschiedener Körper in dieser Beziehung darbieten, die obwohl in Menge gleichen Kräfte nicht gleichmäfsig vertheilt sind; auch andere Umstände, wie Form und Qualität, geben jedem eine besondere Polar-Relation. Vielleicht sind es dergleichen Unterschiede, denen wir die specifischen Wirkungen verschiedener Dielektrica in Bezug auf Entladung zuschreiben müssen (1394. 1508). So zeigen Sauerstoff- und Stickgas sonderbare Contraste, wenn Funken- oder Büschel-Entladungen in ihnen hervorgerufen werden (siehe die Tafel in 1518); denn im Stickgas, wenn die kleine negative oder die grofse positive Kugel vertheilend gemacht worden, entsprechen die Erscheinungen denen, welche im Sauerstoff stattfinden, wenn die kleine positive oder die grofse negative vertheilend ist.

1688. In starren Körpern, wie Glas, Schellack, Schwefel u. s. w. scheinen die Theilchen nach allen Richtungen polarisirt werden zu können, denn wenn man eine solche Masse auf ihre Vertheilungsfähigkeit nach drei oder mehren Richtungen untersucht (1690), findet man keine Unterschiede. Da nun die Theilchen in der Masse befestigt sind, und die Vertheilung durch sie ihre Richtung ändern mufs mit einer Aenderung gegen die Masse, so zeigen die constanten Effecte, dafs sie sich in jeder Richtung elektrisch polarisiren können. Diefs stimmt zu der schon gefafsten Ansicht, dafs jedes Theilchen als Ganzes ein Leiter ist (1669), und hilft, als eine experimentelle Thatsache, diese Ansicht unterstützen.

1689. Wiewohl indefs die Theilchen sich unter dem Einflufs von Kräften, die vermuthlich äufserst energisch sind (1686), nach *jeder* Richtung polarisiren können, so folgt doch nicht, dafs nicht jedes Theilchen sich in einer Rich-

Richtung mehr als in einer andern bis zu höherem Grade oder mit gröſserer Leichtigkeit polarisiren könnte, oder daſs nicht verschiedenartige Theilchen in dieser Beziehung specifische Unterschiede darbieten könnten, wie sie Unterschiede im Leitvermögen und anderen Fähigkeiten besitzen (1296. 1326. 1395). Ich suchte ängstlich nach einer Relation dieser Art, und wählte deshalb zum Experiment kristallisirte Körper, weil sie alle ihre Theilchen in symmetrischer Lage haben, und daher am besten geeignet sind, ein Resultat anzuzeigen, welches von einer Veränderung der Richtung der Kräfte mit der Richtung der Theilchen, in denen sie entwickelt werden, abhängen könnte. Besonders trieben mich die elektrischen Eigenschaften des Turmalins und Boracits zu dieser Untersuchung an, und ich hoffte auch eine Beziehung zwischen der elektrischen Polarität und der der Kristallisation oder gar zu der Cohäsion selbst (1316) zu entdecken. Allein meine Versuche haben keinen Zusammenhang der gesuchten Art nachweisen können. Da ich es indeſs für gleich wichtig halte, zu zeigen, daſs es eine solche Beziehung gebe oder keine, so werde ich meine Resultate kurz beschreiben.

1690. Die Form des Experiments war folgende. Eine Messingkugel von 0,73 Zoll Durchmesser, befestigt an dem Ende eines horizontalen Messingstabs, der am Ende eines Messingcylinders saſs, war mittelst des letzteren vollkommen metallisch verbunden mit einer groſsen Leidner Batterie (291), in der Absicht, sie durch die Verbindung mit der geladenen Batterie jedesmal eine halbe Stunde lang in einem sehr nahe gleichförmigen elektrischen Zustand zu erhalten. Diese Kugel war die vertheilende. Die vertheilte Kugel war die Tragekugel des Torsions-Elektrometer (1229. 1314); und das Dielektricum zwischen beiden war ein Würfel, so geschnitten aus einem Kristall, daſs zwei seiner Seiten parallel der optischen Axe, und die vier anderen senkrecht auf ihr waren. Ein

Stückchen Schellack war angebracht auf der vertheilenden Kugel, gegenüber der Stelle, wo sie an dem Messingstab befestigt war, um einen wirklichen Contact zwischen der Kugel und dem Kristall zu verhindern. Auch die Tragekugel war auf der dem Würfel zugewandten Seite, die zugleich, wenn die Kugel in dem Elektrometer ihre Stelle einnahm, die fernste von der abgestoſsenen Kugel war, mit einer Lage Schellack bekleidet. Der Würfel war mit einer dünnen Lage von in Alkohol gelösetem Schellack überzogen, um die Ablagerung von Feuchtigkeit aus der Luft auf seine Oberfläche zu verhüten; und er lag auf einer kleinen Tafel Schellack, die von einer Schellackstange getragen ward; letztere war stark genug um den Würfel zu tragen, doch aber auch, vermöge ihrer Länge, so biegsam, um zu federn, und den Würfel gegen das Schellack der vertheilenden Kugel zu drücken (Siehe Fig. 5 Taf. IV).

1691. Auf diese Weise war es leicht, die vertheilte Kugel immer in denselben Abstand von der vertheilenden zu bringen, sie daselbst zu unisoliren und wieder zu isoliren, und dann, nach Messung der Kraft im Elektrometer (1181), Behufs einer zweiten Beobachtung, an ihren Ort, der vertheilenden Kugel gegenüber, zurückzuführen. Auch konnte man leicht durch Drehung des Gestells, welches den Würfel trug, vier seiner Seiten folgweise gegen die vertheilende Kugel bringen und die Kraft für die Fälle beobachten, daſs die Linien der Vertheilungswirkung (1304) entweder mit der Richtung der optischen Axe des Kristalls zusammenfielen oder winkelrecht auf ihr waren. Gewöhnlich wurden an den vier Seitenflächen des Würfels 20 bis 28 Beobachtungen hintereinander gemacht und aus ihnen das Mittel genommen, und dieses mit ähnlichen zu anderen Zeiten erhaltenen Mittelwerthen verglichen, alles mit jeder Sorgfalt, um genaue Resultate zu erlangen.

1692. Zunächst wurde ein Würfel von *Bergkristall*

angewandt; er hielt 0,7 Zoll in Seite. Das Mittel aus nicht weniger als 197 Beobachtungen gab, mit einem merkwürdigen und constanten Unterschied, 100 für die specifische Vertheilungs-Fähigkeit in Richtung der optischen Axe des Würfels, dagegen 93,59 und 93,31 für die in den beiden darauf winkelrechten Richtungen.

1693. Allein mit einem zweiten Würfel von Bergkristall wurden keine entsprechenden Resultate erhalten. Er hielt 0,77 Zoll in Seite. Das Mittel aus vielen Versuchen gab 100 für die specifische Vertheilungsfähigkeit in Richtung der optischen Axe, und 98,6 und 99,92 für die in den beiden anderen Richtungen.

1694. Lord Ashley, welchen ich immer zur Beförderung der Wissenschaft geneigt fand, erlieh mir zum Behufe dieser Untersuchung drei Ihro Durchlaucht der Herzoginn von Sutherland gehörige Kugeln von Bergkristall. Zwei derselben hatten so feine Risse, dafs sie für diese Versuche unbrauchbar waren (1193. 1698); die dritte, die viel besser war, gab mir keine Anzeige von irgend einem Unterschied der Vertheilungskraft in verschieden Richtungen.

1695. Hierauf wandte ich Würfel von Kalkspath an. Einer, der 0,5 Zoll im Durchmesser hielt, gab 100 für die Axen-Richtung, und 98,66 und 95,74 für die beiden Quer-Richtungen. Der andere, 0,8 Zoll in Seite, gab 100 für die Axen-Richtung und 101,73 und 101,86 für die Quer-Richtungen.

1696. Aufser diesen Unterschieden zeigten sich andere, die anzuführen ich indefs nicht für nützlich halte, da sich der Hauptpunkt nicht bestätigt fand. Denn wiewohl die Experimente mit dem ersten Würfel grofse Erwartungen erregten, so wurden sie doch nicht durch die mit den übrigen verallgemeinert. Ich halte die Resultate mit jenem Würfel nicht für zweifelhaft, kann sie aber nicht der Kristallisation zuschreiben. Es sind in dem Würfel schwach gefärbte Schichten parallel der optischen

Axe vorhanden, und der Farbstoff derselben mag einigen Einfluſs haben; allein dann sind auch die Schichten nahe parallel einer der Quer-Richtungen, und, wenn sie überhaupt von Einfluſs wären, müſsten sie auch in dieser Richtung einige Wirkung zeigen, was sie indeſs nicht thun.

1697. Bei einigen Versuchen zeigte die eine Hälfte oder ein Theil des Würfels eine Ueberlegenheit über einen andern Theil, und dieſs konnte ich nicht einer von den verschiedenen Theilen erhaltenen Ladung zuschreiben. Es fand sich indeſs, daſs das Ueberfirnissen des Würfels hinreichend war, sie von der Annahme einer Ladung abzuhalten, ausgenommen (in wenigen Versuchen) einen geringen Grad vom negativen Zustand oder dem entgegengesetzten der vertheilenden Kugel (1564. 1566).

1698. So weit ich sehen konnte, war übrigens das Isolationsvermögen der angewandten Würfel vollkommen, oder wenigstens so vollkommen, daſs es einen Vergleich mit Schellack, Glas, u. s. w. ertrug. Betreffend die Ursache der Unterschiede, so kann es deren, auſser der regelmäſsigen Kristallstructur, mehre geben. So können kleine, dem Auge unwahrnehmbare Risse in dem Kristall so angeordnet seyn, daſs sie einen merklichen elektrischen Unterschied bewirken (1193). Auch kann die Kristallisation unregelmäſsig, oder die Substanz nicht ganz rein seyn; und wenn man erwägt, welch geringe Menge einer Substanz das Leitvermögen des Wassers schon bedeutend abändert, so wird es nicht unwahrscheinlich erscheinen, daſs ein wenig einer durch das Ganze oder einen Theil des Würfels zerstreuten fremdartigen Substanz, Wirkungen hervorbringt, die hinreichend sind, alle beobachteten Unregelmäſsigkeiten zu erklären.

1699. Eine wichtige Frage in Betreff der elektrischen Polarität der Theilchen eines isolirenden Dielektricums ist: ob es die Moleküle oder die Bestandtheile

oder Urtheile seyen (*component or ultimate particles*), welche die Rolle von isolirten, leitenden, sich polarisirenden Portionen spielen (1669).

1700. Ich bin zu dem Schlufs gelangt, dafs es die Moleküle der Substanz sind, welche sich als Ganze polarisiren (1347), und dafs, wie verwickelt auch die Zusammensetzung eines Körpers seyn mag, alle die Theilchen oder Atome, welche durch chemische Verwandtschaft zur Bildung Eines Molekuls dieses Körpers zusammengehalten werden, bei Hervorrufung von Vertheilungs-Phänomenen oder Polarisationen in diesem Körper als eine leitende Masse oder Portion wirken.

1701. Dieser Schlufs gründet sich auf mehre Betrachtungen. So giebt es einige Körper, wie Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod u. s. w., deren Theilchen isoliren, und sich deshalb in hohem Grade polarisiren, wogegen andere, wie Metalle, kaum eine Anzeige von diesem Vermögen liefern (1328), indem ihre Theilchen frei von einem zum andern leiten. Dennoch bilden sie, wenn sie Verbindungen eingehen, Substanzen, die anscheinend in dieser Hinsicht keine Beziehung zu ihren Elementen haben, denn Wasser, Schwefelsäure und dergleichen aus isolirenden Elementen gebildete Verbindungen leiten vergleichend leicht, während Bleioxyd, Flintglas, borsaures Bleioxyd und andere metallische Verbindungen, die sehr bedeutende Antheile von leitenden Substanzen enthalten, aufserordentlich gut isoliren. In Bleioxyd zum Beispiel nehme ich an, dafs bei dem Acte der Vertheilung die Sauerstoff- und die Bleitheilchen sich nicht getrennt polarisiren, sondern die Moleküle des Bleioxyds diese Polarisation erleiden, indem alle Elemente eines Theilchens des Körpers durch die Bande der chemischen Verwandtschaft, welche nur ein anderer Ausdruck (*term*) für elektrische Kraft (918) ist, als Theile (*parts*) Eines leitenden Individuums zusammengehalten werden.

1702. Bei Körpern, welche Elektrolyte sind, ha-

ben wir noch ferneren Grund an einen solchen Zustand der Dinge zu glauben. Wenn z. B. Wasser, Chlorzinn, Jodblei u. s. w. im starren Zustand zwischen den Elektroden der Volta'schen Batterie befindlich sind, so polarisiren sich ihre Theilchen, wie es die irgend eines andern Dielektricums thun (1164); wenn aber diese Substanzen in den flüssigen Zustand versetzt sind, so halbiren sich die polarisirten Theilchen; die beiden Hälften, deren jede im Zustand hoher Ladung ist, wandern auswärts, bis sie andere Theilchen im entgegengesetzten und gleichfalls geladenen Zustand antreffen, mit denen sie sich unter Neutralisation ihrer chemischen, d. i. elektrischen, Kräfte verbinden, und wiederum zusammengesetzte Theilchen bilden, die sich abermals als Ganze polarisiren und abermals zur Wiederholung derselben Reihe von Wirkungen (1347) halbiren können.

1703. Wiewohl aber elektrolytische Theilchen sich als Ganze polarisiren, so ist doch einleuchtend, dafs es nicht ganz gleichgültig ist, *wie* sich die Theilchen polarisiren (1689); denn, wenn sie frei beweglich sind (380 etc.), werden die Polaritäten zuletzt in Bezug auf die Elemente vertheilt (*distributed*), und Kraft-Summen, die den Polaritäten aequivalent und in dem Betrag sehr bestimmt sind, trennen sich gleichsam von einander, und wandern auswärts mit den elementaren Theilchen. Und wiewohl ich nicht behaupte zu wissen, was ein Atom sey, oder wie es mit elektrischer Kraft vergesellschaftet oder begabt sey, oder wie diese Kraft in Fällen von Verbindung und Zersetzung angeordnet sey, so hoffe ich doch, dafs mein starker Glaube an die elektrische Polarität der unter Vertheilung stehenden Theilchen, und die damit verknüpfte Ansicht von den Effecten der Vertheilung, sey es der gewöhnlichen oder der elektrolytischen, mich für einige hypothetische Betrachtungen entschuldigen werde.

1704. Bei der Elektrolysirung scheint es, dafs die polarisirten Theilchen (wegen der allmäligen Aenderung

welche in die chemischen, d. h. elektrischen Kräfte ihrer Elemente (918) eingeführt (*induced*) worden ist) eher zerfallen (*divide*), als ohne Zerfällung (*division*. 1348) sich aufeinander entladen; denn wenn man ihre Zerfällung, d. h. ihre Zersetzung und Wiederzusammensetzung, dadurch verhindert, dafs man ihnen den starren Zustand giebt, so isoliren sie vielleicht eine hundert Mal intensivere Elektricität, als zu ihrer Elektrolysirung nothwendig ist (419). Hienach scheint zur directen Leitung in solchen Körpern eine weit höhere Spannung erforderlich zu seyn als zu ihrer Zersetzung (419. 1164. 1344.).

1705. Die merkwürdige Hemmung der elektrolytischen Leitung durch Gestarrung (380. 1358) stimmt ganz überein mit diesen Ansichten über die Abhängigkeit dieses Processes von der Polarität, welche allen unter Vertheilung stehenden isolirenden Substanzen gemein ist, bei Elektrolyten aber von so eigenthümlichen elektro-chemischen Resultaten begleitet wird. So läfst sich erwarten, dafs der erste Effect der Vertheilung in einer solchen Polarisation und Anordnung der Wassertheilchen bestehe, dafs der positive oder Wasserstoff-Pol eines jeden von der positiven Elektrode ab- und der negativen Elektrode zugewandt werde, der negative oder Sauerstoff-Pol dagegen die umgekehrte Richtung erhalte, und dafs, wenn der Sauerstoff und Wasserstoff eines Wassertheilchens sich getrennt, und, zu andern Wasserstoff- und Sauerstofftheilchen übergehend, sich mit diesen verbunden haben, die so gebildeten neuen Wassertheilchen nicht die zu ihrer erfolgreichen elektrolytischen Polarisation erforderliche Stellung annehmen können, bevor sie sich nicht umgedreht haben. Die Gestarrung, indem sie die Wassertheilchen festhält, und sie hindert, jene so wesentliche vorläufige Stellung einzunehmen, verhindert auch ihre Elektrolyse, und da so die Uebertragung der Kräfte in dieser Weise verhindert ist (1347. 1703), wirkt die Substanz als ein gewöhnliches isolirendes Dielektricum

(denn es ist aus früheren Versuchen (419. 1704) einleuchtend, dafs die Isolations-Spannung höher ist als die elektrolytische Spannung). Die Vertheilung durch sie hin steigt zu einem höheren Grad, und der Polarzustand der Molekule als Ganze, obgleich sehr erhöht, ist doch wohl gesichert.

1706. Wenn eine Zersetzung in einem flüssigen Elektrolyte stattfindet, setze ich nicht voraus, dafs alle in dem nämlichen Querschnitt (1634) befindlichen Molekule auf einmal zerfallen und ihre elektrisirten Theilchen oder Elemente fortlassen (*transfer*). Wahrscheinlich häuft sich für diesen Querschnitt die *Entladungskraft* auf ein oder ein Paar Theilchen, welche, sich zersetzend, wandernd und wieder verbindend, das Gleichgewicht der Kräfte wiederherstellen, fast wie bei einer zerreifsenden Funken-Entladung (1406); denn so wie diejenigen Molekule, welche aus Theilchen entspringen, die eben übertragene Kraft besitzen (*which have just transferred power*)[1]), durch ihre Lage (1705) in weniger günstigen Umständen sind als andere, so mufs es auch einige geben, die am günstigsten gelagert sind, und diese, zuerst nachgebend, schwächen zur Zeit die Spannung, und bewirken Entladung.

1707. In früheren Untersuchungen über die Wirkung der Elektricität (821. etc.) wurde an mehren genügenden Fällen gezeigt, dafs die Menge der vorwärts geführten elektrischen Kraft in einem festen Verhältnisse stehe zu einer gegebenen Menge von Substanz, die sich als Anion oder Kathion in der elektrolytischen Wirkungslinie vorwärts bewegt; und es war starker Grund zu glauben, dafs jedes Stofftheilchen (*then dealt with*) verknüpft ist mit einem festen Betrage von elektrischer Kraft, welcher die Stärke seiner chemischen Verwandtschaft ausmacht, indem die chemischen Aequivalente und die elek-

1) Soll wohl heifsen: die eben gebildeten Molekule, — die (nach 1705) noch verkehrt liegen. *(P.)*

tro-chemischen Aequivalente eins und dasselbe sind (836). Es fand sich auch mit wenigen, und, wie ich jetzt wohl sagen kann, keinen Ausnahmen (1341), dafs nur diejenigen Verbindungen, welche Elemente im Verhältnisse wie eins zu eins (*in single proportions*) enthalten, die Charaktere und Phänomene der Elektrolyte (697) zeigen; und Oxyde, Chloride und andere Körper, welche mehr als eine Proportion des elektro-negativen Elements (auf eine Proportion des elektro-positiven (*P*)) enthalten, der Zersetzung unter dem Einflufs des elektrischen Stroms widerstehen.

1708. Wahrscheinliche Gründe für diese Bedingungen und Beschränkungen entspringen aus der Molekulartheorie der Vertheilung. Wenn z. B. ein flüssiges Dielektricum, wie Zinnchlorür, aus Molekulen besteht, deren jedes aus Einem Partikel von jedem Element zusammengesetzt ist, so kann, da diese durch ihre Trennung aequivalente entgegengesetzte Kräfte in entgegengesetzten Richtungen fortzuführen vermögen, sowohl Zersetzung als Uebertragung erfolgen. Wenn aber die Molekule, wie im Zinnchlorid, aus einem Theilchen oder Atom des einen Elements und aus zwei des anderen bestehen, dann ist die Einfachheit, mit welcher die Theilchen vorausgesetztermafsen angeordnet sind und wirken, zerstört. Und wiewohl sich denken läfst, dafs, wenn die Molekule des Zinnchlorids vermöge der Vertheilung durch sie hin als Ganze polarisirt sind, die positive Polarkraft auf das eine Theilchen Zinn, und die negative Kraft auf die beiden Theilchen Chlor angehäuft werde, und dafs diese respective rechts und links fortwandern, um sich mit andern zwei Atomen Chlor und einem von Zinn zu verbinden, analog mit dem Vorgange bei Verbindungen aus einzelnen Theilchen, so ist diefs doch nicht ganz so einleuchtend und wahrscheinlich. Denn wenn ein Zinntheilchen sich mit zwei Chlortheilchen verbindet, so ist es schwierig zu denken, dafs nicht in dem entstandenen Molekule etwas

einer festen Lage Analoges in der Relation der drei Theilchen vorhanden seyn sollte, das Eine Metalltheilchen vielleicht symmetrisch gegen die beiden Chlortheilchen liegen sollte; und es ist nicht schwierig einzusehen, daſs solche Theilchen nicht die zugleich von ihrer Polarität und der Verwandtschaft ihrer Elemente abhängende Lage annehmen können, welche der erste Schritt in dem Proceſs der Elektrolysirung zu seyn scheint (1345. 1705).

§. 21. Beziehung zwischen elektrischen und magnetischen Kräften.

1709. Ich habe bereits einige Speculationen gemacht in Betreff der Beziehung des Magnetismus, der Querkraft des Stroms, zu der divergirenden oder transversalen Kraft der der statischen Elektricität angehörenden Linien der Vertheilungswirkung (1658. etc.).

1710. Bei fernerem Nachdenken über diesen Gegenstand erschien es mir von der äuſsersten Wichtigkeit, wo möglich zu ermitteln, ob die Seitenwirkung, welche wir Magnetismus oder zuweilen Vertheilung elektrischer Ströme nennen (26. 1048. etc.) durch *Vermittlung intermediärer Theilchen* in die Ferne wirke, analog wie bei der Vertheilung der statischen Elektricität, oder den mannigfaltigen von dieser Vertheilung abhängigen Erscheinungen, wie Leitung, Entladung u. s. w.; oder ob ihre Wirkung in die Ferne ganz unabhängig sey von solchen intermediären Theilchen (1662).

1711. Ich befestigte zwei Drahtgewinde mit Eisenkernen darin, End gegen End gerichtet, doch mit einem Zwischenraum von sieben Viertelzoll, in den das Ende oder der Pol eines Magnetstabs gebracht wurde. Bei Bewegung dieses Magnetpols von dem einen Kern zum andern, muſste offenbar in beiden Drahtgewinden ein Strom entstehen, in dem einen wegen Schwächung, und in dem andern wegen Verstärkung der in den respectiven Kernen von weichem Eisen erregten (*induced*) Ma-

gnetismus. Die Drahtgewinde waren mit einander und mit einem Galvanometer verbunden, so, dafs diese beiden Ströme gleiche Richtungen hatten und durch vereinte Kraft die Nadel des Instruments ablenken mufsten. Die ganze Vorrichtung war so wirksam und empfindlich, dafs es hinreichte, den Magnetpol zwei bis drei Mal in den zum Schwingen der Galvanometernadel erforderlichen Zeiten um einen Achtelzoll hin und her zu führen, um diese Nadel in beträchtliche Schwingungen zu versetzen, und damit die Folgen der verstärkten Einwirkung des Magnetes auf den einen Kern und Schraubendraht, und des verminderten auf den andern leicht nachzuweisen.

1712. Nun wurden, ohne die Abstände des Magnets von den Eisenkernen *A* und *B* zu ändern, Platten verschiedener Natur dazwischen gebracht. So z. B. war zwischen dem Magnetpol und dem Kern *A* eine Schellacktafel eingeschoben, während die Nadel einen Hingang machte, blieb dann herausgezogen, während diese zurückkehrte, wurde nun ein gleiche Zeit wieder dazwischen gehalten, abermals auf eben so lange entfernt, und so fort acht bis neun Mal; allein es war nicht die geringste Einwirkung auf die Nadel bemerkbar. In andern Fällen wurde die Platte abwechselnd während einer Periode zwischen dem Magnetpol und *A*, und während der folgenden zwischen diesem Pol und *B* gehalten, und so fort; allein ebenfalls ohne Wirkung auf die Nadel.

1713. Zu diesen Versuchen wurden angewandt *Schellack* in Tafeln von 0,9 Zoll Dicke, *Schwefel* in einer Tafel von 0,9 Zoll Dicke, und *Kupfer* in einer Platte von 0,7 Zoll Dicke, alles ohne irgend einen Erfolg. Daraus schliefse ich, dafs Körper, die durch die Extreme von Leitungs- und Isolationsvermögen in Contrast stehen und einander so stark entgegengesetzt sind, wie Metalle, Luft und Schwefel, keine Verschiedenheit in Bezug auf die magnetischen Kräfte zeigen, wenn sie, wenigstens un-

ter den beschriebenen Umständen, in deren Vertheilungslinien gebracht werden.

1714. Mit einer Eisenplatte und selbst einem kleinen Eisenstück, wie der Kopf eines Nagels, war der Effect ein ganz anderer. Dann zeigte das Galvanometer sogleich seine Empfindlichkeit, und die ganze Vorrichtung ihre Vollkommenheit.

1715. Ich richtete die Sache so ein, dafs eine Kupferplatte von 0,2 Zoll Dicke und 10 Zoll Durchmesser mit ihrem Rande zwischen dem Magnet und dem Eisenkern war, liefs sie dann für Perioden, wie sie zum Schwingen der Nadel erforderlich waren, abwechselnd rotiren und stillstehen; allein diefs hatte nicht die geringste Wirkung auf das Galvanometer.

1716. In gleicher Weise wurde eine 0,6 Zoll dicke Schellackplatte angewandt, doch ebenfalls ohne Erfolg, sie mochte rotiren oder nicht.

1717. Zuweilen liefs ich die Rotationsebene die magnetische Curve rechtwinklich schneiden, zuweilen so schief wie möglich; bei einigen Versuchen änderte ich auch die Rotationsrichtung, doch alles ohne Erfolg.

1718. Ich entfernte nun die Schraubendrähte mit ihren Eisenkernen und ersetzte sie durch zwei auf Pappe gewundene *flache Spiralen*, jede von 42 Fufs beseidetem Kupferdraht, ohne Einschlufs von Eisen. Sonst war die Vorrichtung wie früher und auch äufserst empfindlich, denn eine sehr geringe Bewegung des Magnets zwischen den Spiralen bewirkte eine starke Schwingung der Magnetnadel.

1719. Die Einschiebung von Schellack-, Schwefel- oder Kupferplatten zwischen den Magnet und diese Spiralen (1713), bewirkte nicht das Mindeste, die Platten mochten ruhen oder rasch rotiren (1715). So war denn hier kein Zeichen vom Einflufs intermediärer Theilchen zu erlangen (1710).

1720. Nun wurde der Magnet entfernt und durch

eine flache Spirale ersetzt, die den beiden ersten entsprach und mit ihnen parallel war. Die mittlere Spirale war so eingerichtet, dafs ein Volta'scher Strom nach Belieben durch sie gesandt werden konnte. Das frühere Galvanometer wurde entfernt und durch eins mit doppeltem Drahtgewinde ersetzt, eine der Seitenspirale mit dem einen Gewinde, und die andere mit dem zweiten verknüpft, in solcher Weise, dafs, wenn durch die mittlere Spirale ein Volta'scher Strom geleitet ward, er durch seine vertheilende Wirkung (26) in den Seitenspiralen Ströme erregen mufste, die in den Gewinden des Galvanometers entgegengesetzte Richtung hatten. Durch Ajustirung der Abstände konnten die inducirten Ströme einander gleich gemacht werden, so dafs sie, ungeachtet ihrer häufigen Erregung, die Galvanometernadel in Ruhe lassen mufsten. Die mittlere Spirale will ich *C* nennen, die beiden äufseren *A* und *B*.

1721. Zwischen die Spiralen *C* und *B*, deren Abstand ungeändert blieb, wurde eine Kupferplatte von 0,7 Zoll Dicke und 6 Zoll im Geviert eingeschoben, dann durch *C* der Strom einer Batterie von 24 Paaren vierzölliger Platten geleitet, und in Perioden unterbrochen, die eine Wirkung auf das Gelvanometer hervorbringen mufsten (1712), wenn in der Wirkung von *C* auf *A* oder *B* irgend ein Unterschied war. Ungeachtet sich Luft in dem einem Zwischenraume, und Kupfer in dem andern befand, war doch die Wirkung auf beide Spiralen genau gleich, wie wenn Luft beide Zwischenräume eingenommen hätte. Trotz der Leichtigkeit, mit welcher sich inducirte Ströme in der dicken Kupferplatte zu bilden vermögen, hatte also doch die mittlere Spirale *C* genau so auf die äufsere gewirkt, wie wenn kein Leiter, wie Kupfer, vorhanden gewesen wäre.

1722. Jetzt ward die Kupferplatte durch eine Schwefelplatte von 0,9 Zoll Dicke ersetzt; allein das Resultat war dasselbe, keine Wirkung auf das Galvanometer.

1723. Es scheint demnach, dafs, wenn ein Vol-

ta'scher Strom, in einem Draht, seine vertheilende Wirkung ausübt, um, je nachdem er anfängt oder aufhört, in einem benachbarten Draht einen entgegengesetzt oder gleich gerichteten Strom hervorzurufen, es nicht den geringsten Unterschied macht, ob der Zwischenraum von isolirenden Körpern, wie Luft, Schwefel oder Schellack, oder von leitenden Körpern, wie Kupfer und andere nicht magnetische Metalle, eingenommen ist.

1724. Einen entsprechenden Effect erhielt ich mit denselben Kräften, wenn sie in einem Magnet residiren. Eine einzelne flache Spirale (1718) wurde verbunden mit einem Galvanometer, und ein Magnetpol ihr nahe gestellt. Wenn dann die Magnetnadel zu und von der Spirale, oder diese zu und von dem Magnet bewegt wurde, entstanden Ströme, die durch das Galvanometer angezeigt wurden.

1725. Die dicke Kupferplatte (1721) wurde nun zwischen den Magnetpol und die Spirale eingeschoben; dessenungeachtet ergaben sich, als ersterer hin und her bewegt wurde, genau dieselben Effecte in Richtung und Betrag, wie wenn das Kupfer nicht vorhanden gewesen wären. Auch bei Einschiebung einer Schwefelplatte konnte nicht der geringste Einfluſs auf die durch Bewegung des Magneten oder der Spirale erregten Ströme bemerkt werden.

1726. Diese Resultate, nebst vielen andern, die ich zu beschreiben nicht für nützlich halte, würden zu dem Schluſs führen, daſs (zu urtheilen nach dem Betrag der Wirkung, die durch die Querkräfte, d. h. magnetischen Kräfte des Stroms, in die Ferne ausgeübt wurden) die zwischenliegende Substanz und folglich die zwischenliegenden Theilchen nichts mit den Erscheinungen zu thun haben; oder in andern Worten, daſs, obwohl die Vertheilungskraft der statischen Elektricität, vermöge der Wirkung intermediärer Theilchen (1164. 1166), in die Ferne geführt wird, doch die transversale Vertheilungskraft der Ströme, welche auch in die Ferne wirken kann, nicht auf

solche Weise durch intermediäre Theilchen fortgepflanzt (*transmitted*) wird.

1727. Es ist jedoch sehr einleuchtend, dafs dieser Schlufs nicht als bewiesen angesehen werden kann. So wissen wir, dafs wenn Kupfer sich zwischen dem Magnetpole und der Spirale (1715. 1719. 1725), oder zwischen den zwei Spiralen (1721) befindet, seine Theilchen afficirt werden, und dafs sich, durch geeignete Vorrichtungen, deren eigenthümlicher Zustand durch Hervorbringung elektrischer oder magnetischer Effecte sehr sichtbar machen läfst. Es scheint unmöglich, diese Wirkung auf die Theilchen der zwischenliegenden Substanz für unabhängig zu halten von der, welche die vertheilende Spirale *C* oder der vertheilende Magnet auf die vertheilte Spirale *A* oder den vertheilten Eisenkern ausübt (1715. 1721); denn da der vertheilte Körper gleich stark von dem vertheilenden Körper ergriffen wird, diese zwischenliegenden und ergriffenen Theilchen mögen da seyn oder nicht (1723. 1725), so würde eine solche Voraussetzung mit sich bringen, dafs die so ergriffenen Theilchen keine Rückwirkung auf die ursprünglich vertheilenden Kräfte hätten. Vernünftiger scheint es mir daher anzunehmen, dafs diese ergriffenen Theilchen die Wirkung von dem vertheilenden Körper zu dem vertheilten unterhalten (*efficient in continuing the action onwards from the inductric to the inducteous body*), und gerade durch diese Mittheilung bewirken, dafs an dem letzteren keine Vertheilungskraft verloren geht.

1728. Allein dann möchte ich fragen: wie verhalten sich die Theilchen isolirender Körper, wie Luft, Schwefel, Schellack, wenn sie in die Linie der magnetischen Wirkung kommen? Die Antwort hierauf ist für jetzt nur reine Muthmafsung. Ich habe lange gedacht, dafs es bei solchen Körpern einen eigenthümlichen Zustand geben müsse, der dem, welcher Ströme in Metallen und anderen Leitern erregt (26. 53. 191. 201. 213)

entspreche, und da jene Körper Isolatoren sind, dafs es ein Spannungszustand seyn müsse. Ich habe mich bemüht einen solchen Zustand sichtbar zu machen, indem ich nichtleitende Körper neben Magnetpolen, oder diese neben jenen, rotiren, oder kraftvolle elektrische Ströme neben oder ringsum Isolatoren in verschiedener Richtung plötzlich entstehen oder aufhören liefs, indefs ohne Erfolg. Da jedoch ein solcher Zustand, wegen geringer Intensität der zu seiner Hervorrufung gebrauchten Ströme, von aufserordentlich geringer Intensität seyn mufste, so möchte er dennoch wohl vorhanden seyn, und noch von einem geschickteren Experimentator entdeckt werden, wiewohl ich ihn nicht wahrnehmbar machen konnte.

1729. Ich halte es daher für möglich und selbst für wahrscheinlich, dafs die magnetische Wirkung durch Vermittlung dazwischenliegender Theilchen in die Ferne fortgepflanzt werde, in einer analogen Weise, wie es mit den Vertheilungskräften der statischen Elektricität geschieht (1677); und dafs, währenddefs die dazwischenliegenden Theilchen mehr oder weniger einen besonderen Zustand annehmen, welchen ich (obwohl mit einer sehr unvollkommenen Idee) mehrmals durch den Ausdruck: *elektro - tonischen Zustand* bezeichnet habe (60. 242. 1114. 1661). Hoffentlich wird man diefs nicht so verstehen, als hegte ich die feste (*settled*) Meinung, dafs dem so sey. In der That habe ich vielmehr das Gegentheil bewiesen, nämlich: dafs die magnetischen Kräfte ganz unabhängig sind von der zwischen dem vertheilenden und dem vertheilten Körper befindlichen Substanz, allein ich kann die Schwierigkeit nicht übergehen, die Körper, wie Kupfer, Silber, Blei, Kohle und selbst wässerige Lösungen (201. 213) darbieten, welche, obwohl man weifs, dafs sie, zwischen den aufeinander wirkenden Körpern befindlich, einen besonderen Zustand annehmen (1727), dennoch das Endresultat nicht mehr stören als die-

diejenigen, bei denen man einen solchen eigenthümlichen Zustand bis jetzt nicht entdeckt hat.

1730. Noch muſs ich eine für diese ganze Untersuchung wichtige Bemerkung machen. Obwohl ich glaube, daſs das von mir angewandte und beschriebene Galvanometer (1711. 1720) völlig hinreicht zu zeigen, daſs der Endbetrag der Wirkung auf jedes der beiden Drahtgewinde oder jeden der beiden Eisenkerne *A* und *B* (1713. 1719) gleich ist, so *mag* doch ein Unterschied in der Wirkung vorhanden seyn, den dasselbe nicht anzeigt. Da Zeit als ein Element in diese Wirkungen eingeht (125)[1], so ist es sehr möglich, daſs die vertheilenden Wirkungen auf die Gewinde oder Kerne *A* und *B*, obwohl sie gleichen Betrag erlangen, es mögen Luft und Kupfer, oder Luft und Schelllack als Zwischenmittel einander entgegengestellt seyn, doch nicht in gleicher Zeit zu Stande kommen, und dieser Unterschied nur nicht sichtbar wird, weil beide Effecte in einer gegen die Schwingungsdauer der Nadel zu kurzer Zeit auf ihr Maximum steigen.

1731. Könnte erwiesen werden, daſs die Seiten- oder Querkraft der elektrischen Ströme, oder, was mir dasselbe zu seyn scheint, die Magnetkraft derselben, unabhängig von dazwischenliegenden angränzenden Theilchen ist, dann scheint mir zwischen der Natur dieser beiden Kräfte (1654. 1664. — der elektrischen und der magnetischen (*P.*)) ein höchst wichtiger Unterschied festgestellt zu seyn. Ich meine nicht, daſs die Kräfte von einander unabhängig sind und gesondert wirksam gemacht werden könnten, vielmehr sind sie vermuthlich wesentlich verknüpft (1654); allein keineswegs folgt, daſs sie von gleicher Natur sind. Bei der statischen Vertheilung, bei der Leitung und Elektrolysirung sind die an den entgegengesetzten Enden der Theilchen befindlichen Kräfte,

1) *Ann. de chim.* 1833 *T. LI, p.* 422, 428.

welche mit den Vertheilungslinien zusammenfallen und gewöhnlich *elektrische* genannt werden, polar und wirken in Fällen von anliegenden Theilchen nur in unmerkliche Entfernungen; diejenigen dagegen, welche auf der Richtung dieser Linien transversal sind und *magnetische* genannt werden, sind circumferential und wirken in die Ferne, wenn auch durch Vermittlung dazwischenliegender Theilchen, doch zur gewöhnlichen Materie mit Relationen, ganz unähnlich denen der mit ihnen verknüpften elektrischen Kräfte.

1732. Ueber die Einerleiheit oder Verschiedenheit beider Arten von Kräften zu entscheiden und deren wahre Beziehung zu einander festzusetzen, würde ungemein wichtig seyn. Die Aufgabe scheint ganz im Bereich des Experiments zu liegen, und würde dem, der sich an sie macht, eine reiche Belohnung versprechen.

1733. Ich habe schon die Hoffnung ausgesprochen, einen Effect oder Zustand aufzufinden, der das für die statische Elektricität wäre, was die magnetische Kraft für die strömende ist (1658). Hätte ich zu meiner eignen Ueberzeugung beweisen können, dafs die magnetischen Kräfte durch Vermittlung dazwischen liegender Theilchen in die Ferne wirken, in analoger Weise wie die elektrischen Kräfte, so würde ich geglaubt haben, dafs die Seitenspannung der Linien der Vertheilungskraft (1659) oder der so oft angedeutete elektro-tonische Zustand (1661. 1662) der erwähnte Zustand der statischen Elektricität sey.

1734. Man kann sagen, dafs der Zustand *keiner Seitenwirkung* für die statische oder inductive Kraft das Aequivalent des *Magnetismus* für die strömende Kraft sey, kann es aber nur nach der Ansicht, dafs magnetische und elektrische Wirkung in ihrer Natur wesentlich verschieden seyen (1664). Sind sie dieselbe Kraft, so würde der ganze Unterschied eine Folge des Unterschiedes der *Richtung* seyn, und dann der normale oder un-

entwickelte Zustand der elektrischen Kraft dem Zustand *keiner Seitenwirkung* des magnetischen Zustands der Kraft (*state of no lateral action of the magnetic state*) entsprechen; der elektrische Strom würde den gewöhnlich Magnetismus genannten Seitenwirkungen entsprechen; allein der Zustand der statischen Vertheilung, welcher zwischen dem Normalzustand und dem Strom liegt, wird noch einen entsprechenden, eigenthümliche Erscheinungen darbietenden Seitenzustand in der magnetischen Reihe erfordern; denn es läfst sich schwerlich voraussetzen, dafs beide, der normal elektrische und der inductive oder polarisirt elektrische Zustand, die nämliche Seitenbeziehung haben können. Ist Magnetismus eine gesonderte und höhere Relation der entwickelten Kräfte, dann würde das Argument, das zu diesem dritten Zustand der Kraft nöthigt, vielleicht nicht so stark seyn.

1735. Ich kann diese allgemeinen Bemerkungen über die Beziehung zwischen elektrischen und magnetischen Kräften nicht schliefsen, ohne noch mein Erstaunen über die mit der Kupferplatte erhaltenen Resultate (1721. 1725) auszudrücken. Die Versuche mit den flachen Spiralen stellen einen der einfachsten Fälle von Vertheilung elektrischer Ströme dar (1720), indem bekanntlich im Augenblick, da in einem Draht ein elektrischer Strom hervorgerufen oder vernichtet wird, in einem benachbarten Draht ein kurzer Strom von entgegengesetzter oder gleicher Richtung entsteht (26). Demnach erscheint es sehr ungewöhnlich, dafs der Strom, welcher in der Spirale *A* inducirt wird, wenn nur Luft zwischen *A* und *C* befindlich ist (1720), eben so stark sey wie im Fall, wo die Luft durch eine grofse Masse von dem so vortrefflich leitenden Kupfer ersetzt ist (1721). Man hätte glauben sollen, diese Masse würde die Bildung und Entladung von fast jedweder Menge von Strömen, welche die Spirale *C* zu inducircn vermochte, gestattet, und dadurch den Effect auf *A* in gewissem Grade vermindert, wenn

nicht ganz verhindert haben, statt dafs nicht die geringste Verminderung oder Aenderung in dem Effect auf *A* sichtbar war, ungeachtet nicht zu bezweifeln stand, dafs nicht im Moment eine Unendlichkeit von Strömen in der Kupferplatte gebildet wurden. Fast der einzige Weg diesen Effect mit allgemein bekannten Thatsachen zu vereinbaren, scheint mir der zu seyn, dafs man annehme, die magnetische Wirkung werde durch Vermittlung dazwischenliegender Theilchen mitgetheilt (*communicated*) (1729. 1733).

1736. Dieser sehr merkwürdige Zustand der Dinge stimmt vollkommen mit dem bei Drahtgewinden Beobachteten überein, wo fünf bis sechs Lagen von Drahtwindungen übereinander liegen, ohne dafs die Wirkung auf die äufseren Lagen durch die auf die inneren geschwächt wird.

§. 22. Notiz über Elektricitäts-Erregung.

1737. Dafs die verschiedenen Arten der Elektricität-Erregung dereinst unter ein gemeinschaftliches Gesetz werden gebracht werden, ist wohl kaum zu bezweifeln, obwohl wir für jetzt genöthigt sind Unterscheidungen zu machen. Es wird schon viel gewonnen seyn, wenn diese Unterscheidungen, wenn auch nicht gehoben, doch verstanden werden.

1738. Die auffallende Beziehung zwischen elektrischen und chemischen Kräften macht die chemische Erregungsweise zu der lehrreichsten von allen, und der Fall von zwei isolirten, sich verbindenden Theilchen ist wahrscheinlich der einfachste, den wir besitzen. Hier ist jedoch die Wirkung örtlich, und es mangelt uns noch ein Prüfmittel auf Elektricität, was auf ihr anwendbar wäre, auf Fälle von strömender Elektricität und auf die von statischer Induction. Wenn wir, vermöge des vorherigen Verbindungszustands (*previously combined condition*) einiger der wirkenden Theilchen (923) im Stande sind, wie in der Volta'schen Säule, die örtliche Wirkung in einen

Strom auszubreiten oder zu verwandeln, dann kann die chemische Wirkung durch ihre Variationen hin verfolgt werden, bis zur Erzeugung *aller* Erscheinungen der Spannung und des statischen Zustands, welche in jeder Hinsicht dieselben sind, wie wenn die elektrischen Kräfte, welche sie erzeugten, durch Reibung entwickelt worden wären.

1739. Berzelius war, glaube ich, der erste, der von der Fähigkeit gewisser Theilchen, in Gegenwart anderer entgegengesetzte Zustände anzunehmen, gesprochen hat (959). Hypothetisch läfst sich annehmen, dafs diese Zustände an Intensität zunehmen durch vergröfserte Nähe, durch Wärme u. s. w., bis bei einem gewissen Punkt eine Verbindung erfolgt, begleitet von solcher Anordnung der Kräfte der beiden Theilchen zwischen denselben als einer Entladung aequivalent ist, wobei zugleich ein Theilchen gebildet wird, welches als Ganzes ein Leiter ist (1700).

1740. Diese Fähigkeit, einen erregten elektrischen Zustand (der wahrscheinlich in denen, die nicht leitende Substanz bilden, polar ist), anzunehmen, scheint eine primäre Thatsache zu seyn, und zur Natur der Vertheilung zu gehören (1162), denn die Theilchen scheinen nicht im Stande zu seyn, diesen besonderen Zustand unabhängig von einander (1177), oder von Materie, im entgegengesetzten Zustand zu bewahren. Was bei den Theilchen der Materie bestimmt (*definite*) zu seyn scheint, ist: dafs sie in Bezug auf einander einen *besonderen* Zustand, den positiven oder negativen, aber nicht unterschiedslos den einen oder andern, annehmen, und auch Kraft bis zu einem gewissen Betrage erlangen.

1741. Es ist leicht begreiflich, dafs dieselbe Kraft, welche örtliche Wirkung zwischen zwei freien Theilchen verursacht, auch einen Strom erzeugen werde, sobald eins der Theilchen zuvor in Verbindung war, Bestandtheil eines Elektrolyten ausmachte (923. 1738). Ein Zink- und

ein Sauerstofftheilchen z. B., die neben einander liegen, üben ihre Vertheilungskräfte auf einander aus (1740) und diese steigern sich zuletzt bis zum Verbindungspunkt. Wenn der Sauerstoff zuvor mit Wasserstoff verbunden ist, wird er in dieser Verbindung durch eine ähnliche Aeufserung und Anordnung von Kräften gehalten, und da die Kräfte des Sauerstoffs und Wasserstoffs während der Verbindung gegenseitig beschäftigt und verknüpft (*related*) sind, so kann, wenn die höhere Verwandtschaft zwischen den Kräften des Sauerstoffs und des Zinks ins Spiel tritt, die vertheilende Wirkung des ersteren oder des Sauerstoffs auf das Metall nicht auftreten und wachsen, ohne dafs nicht seine vertheilende Wirkung auf den mit ihm verbundenen Wasserstoff abnimmt (denn der Kraftbetrag eines Theilchens ist als bestimmt angesehen), und der letztere mufs daher seine Kraft auf den Sauerstoff des nächsten Wassertheilchens richten. So läfst sich der Effect ansehen, als in merkliche Entfernungen ausgedehnt und in den Zustand statischer Vertheilung versetzt, welcher, indem er entladen und dann durch die Wirkung anderer Theile gehoben wird, Ströme erzeugt.

1742. Bei der gewöhnlichen Volta'schen Batterie wird der Strom veranlafst durch das Bestreben des Zinks, den Sauerstoff des Wassers vom Wasserstoff aufzunehmen, und der wirksame Vorgang (*effective action*) findet statt, wo der Sauerstoff den vorhandenen Elektrolyten verläfst. Allein Schönbein hat eine Batterie aufgebaut, in welcher der wirksame Vorgang an dem andern Ende des wesentlichen Theils der Vorrichtung stattfindet, nämlich, wo Sauerstoff zu dem Elektrolyten geht. Der erste Fall kann betrachtet werden als einer, wo der Strom durch die Absonderung des Sauerstoffs vom Wasserstoff in Bewegung gesetzt wird; der zweite dagegen, wo es durch Absonderung des Wasserstoffs vom Sauerstoff geschieht. Die Richtung des elektrischen Stroms ist in beiden Fällen dieselbe, wenn sie auf die Richtung, in der

sich die elementaren Theilchen des Elektrolyten bewegen (923. 962) bezogen wird, und beide stimmen gleich überein mit der eben beschriebenen hypothetischen Ansicht von der vertheilenden Wirkung der Theilchen (1740).

1743. Bei solcher Ansicht von der Erregung des Voltaismus kann die Wirkung der Theilchen in zwei Theile zerfällt werden, in die, welche stattfindet, während die Kraft in einem Sauerstofftheilchen sich steigert gegen ein auf ihn wirkendes Zinktheilchen, und abnimmt gegen ein mit ihm verbundenes Wasserstofftheilchen (diefs ist die progressive Periode der inductiven Action), und in die, welche stattfindet, wenn der Wechsel der Vereinigung stattfindet, das Sauerstofftheilchen den Wasserstoff verläfst und sich mit dem Zink verbindet. Der erste Theil scheint den Strom zu erzeugen, oder, wenn kein Strom da ist, den Spannungszustand an den Enden der Batterie hervorzurufen; während der letztere, indem er zur Zeit den Einflufs der wirksam gewesenen Theilchen beendet, andern erlaubt ins Spiel zu treten, und so den Strom unterhält.

1744. Höchst wahrscheinlich ist die Erregung durch Reibung sehr oft von gleichem Charakter. Wollaston bemühte sich, diese Erregung auf chemische Wirkung zurückzuführen [1]); wenn aber unter chemischer Action die endliche Vereinigung der wirkenden Theilchen verstanden wird, so giebt es Fälle in Menge, die dieser Ansicht widersprechen. Davy erwähnt einiger solcher, und ich meinerseits finde keine Schwierigkeit darin, andere Arten von Elektricitäts-Erregung als die chemische Action anzunehmen, besonders wenn unter dieser die endliche Verbindung der Theilchen gemeint ist.

1745. Davy wiefs experimentell die entgegengesetzten Zustände nach, welche zwei Theilchen von entgegengesetztem chemischen Charakter annehmen können, wenn man sie dicht aneinander bringt, ohne eine Verbindung

1) *Philosoph. Transact.* 1801 *p.* 427.

derselben zu gestatten [1]). Diefs glaube ich, ist der erste Theil der schon beschriebenen Wirkung (1743); allein, meiner Meinung nach, kann dadurch kein anhaltender Strom entstehen, so lange keine Verbindung stattfindet, und es damit anderen Theilchen erlaubt ist, folgweise in derselben Art zu wirken, und selbst dann nicht, wenn nicht die eine Reihe der Theilchen als Element eines Elektrolyten vorhanden ist (923. 963); d. h. bloſser ruhiger Contact, ohne chemische Action, erzeugt in solchen Fällen keinen Strom.

1746. Dennoch scheint es möglich, daſs eine solche Relation eine hohe Ladung bewirken und damit zur Elektricitäts-Erregung durch Reibung Anlaſs geben könne. Wenn zwei Körper aneinander gerieben werden, um auf gewöhnliche Weise Elektricität zu erzeugen, so muſs der eine wenigstens ein Isolator seyn. Während des Reibens müssen die Theilchen entgegengesetzter Art mehr oder weniger dicht zusammengebracht werden, und die wenigen, welche unter den günstigsten Umständen sind, in solchem innigen Contact seyn, daſs sie nur wenig von demjenigen entfernt sind, der die Folge chemischer Verbindung ist. In solchen Momenten mögen sie durch ihre gegenseitige Vertheilung (1740) und theilweise Entladung auf einander sehr erhöhte entgegengesetzte Zustände erlangen, und, wenn sie, im Fortgang des Reibens, einen Augenblick hernach, aus ihrer gegenseitigen Nachbarschaft gerissen werden, werden sie, wenn sie beide Isolatoren sind, diesen Zustand behalten, und ihn nach ihrer vollständigen Trennung zeigen.

1747. Alle Umstände bei der Reibung scheinen mir für eine solche Ansicht zu sprechen. Die Unregelmäſsigkeiten der Gestalt und des Drucks werden veranlassen, daſs die Theilchen der beiden reibenden Flächen sehr verschiedene Abstände von einander haben, und nur einige wenige werden auf einmal in jener innigen Relation

1) *Phil. Transact.* 1807 *p.* 34.

seyn, die wahrscheinlich zur Entwicklung der Kräfte nöthig ist; ferner werden diejenigen, welche zu einer Zeit am nächsten sind, zu einer andern am fernsten seyn, andere werden die nächsten werden, und so werden bei fortdauernder Reibung viele nach einander erregt werden. Endlich scheint mir die seitliche Richtung der Trennung beim Reiben am geeignetsten um viele Paare von Theilchen, erstens sämmtlich in die innige Nähe zu bringen, welche zur Annahme entgegengesetzter Zustände durch wechselseitige Einwirkung nothwendig ist, und darauf aus ihrem gegenseitigen Einfluſs zu entfernen, während sie jenen Zustand behalten.

1748. Es würde leicht seyn, nach derselben Ansicht zu erklären, wie, wenn einer der reibenden Körper ein Leiter ist, z. B. das Amalgam einer Elektrisirmaschine, der Zustand des andern (als Masse) beim Austritt aus der Reibung erhöht wird; allein es würde thöricht seyn, in solche Speculation weit einzugehen, bevor das schon Ausgesprochene durch passende experimentelle Beweise unterstützt oder berichtigt worden ist. Ich wünsche nicht, daſs man meine, ich halte alle Elektricitäts-Erregung durch Reibung für dieser Art; im Gegentheil lassen gewisse Versuche mich glauben, daſs in vielen Fällen, und vielleicht in allen, Effecte thermo-elektrischer Natur zu dem Endresultat (*ultimate end*) führen; und sehr wahrscheinlich sind zu gleicher Zeit noch andere, bis jetzt nicht unterschiedene Ursachen der Elektricitäts-Störung wirksam.

IV. *Ueber elektro-dynamische Induction;*
von J. Henry,

Prof. der Physik am College zu New-Jersey, Princeton.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Transact. of the American Philosoph. Society Vol. VI.* Vorliegende Abhandlung, die hier mit einigen Abkürzungen wiedergegeben wird, ist die dritte einer Reihe von Untersuchungen unter dem allgemeineren Titel: Beiträge zur Elektricität und zum Magnetismus.)

Einleitung.

Die zu diesen Versuchen angewandten Apparate bestanden hauptsächlich aus mehren flachen Gewinden von Kupferband (Kupferstreifen) und mehren Rollen Kupferdraht. Kürze halber sollen erstere: *Gewinde (coils)*, letztere: *Rollen (helix)* heifsen.

Das Gewinde No. 1 enthielt einen Kupferstreifen von 93 Fufs Länge und 1½ Zoll Breite, 13 Pfund schwer und mit einem doppelten Ueberzug von Seide bekleidet. Gewöhnlich bildete es eine flache Spirale von 16 Zoll Durchmesser, wie Taf. IV Fig. 6, zuweilen aber einen Ring von gröfserem Durchmesser, wie Taf. IV Fig. 9 zeigt. — Das Gewinde No. 2, aus einem eben so breiten, aber nur 60 Fufs langen Kupferstreifen bestehend, hatte eine Ringgestalt, und konnte in seine Oeffnung die Drahtrolle No. 1 aufnehmen. Die Gewinde No. 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w. waren sämmtlich aus einem etwa 60 Fufs langen Kupferstreifen gebildet, der zwar so dick wie die ersten, aber nur halb so breit war.

Die Drahtrolle No. 1 bestand aus 1660 Ellen (*Yards*) Kupferdraht von $\frac{1}{45}$ Zoll Durchmesser, No. 2 aus 990 Ellen, und No. 3 aus 350 Ellen desselben Drahts. Diese Rollen hatten solche Weiten, dafs sie, wie aus Taf. IV Fig. 7 zu ersehen, in einander gesteckt, und entweder

zu einer einzigen Rolle von 3000 Ellen, oder zu sieben Rollen von verschiedener Länge mit einander verknüpft werden konnten. Der Draht ist mit in Wachs getränkter Baumwolle übersponnen und jede Lage von Windungen durch eine Bekleidung von Seide getrennt. — Die Rolle No. 4 (*a* in Fig. 9) bestand aus 546 Ellen Draht von $\frac{1}{45}$ Zoll Durchmesser, dessen Windungen durch einen Harzkitt isolirt waren. — Die Rolle No. 5 endlich war gebildet aus 1500 Ellen übersilberten Kupferdrahts von $\frac{1}{125}$ Zoll Durchmesser, besponnen mit Baumwolle und von der Form wie No. 4.

Aufserdem war noch ein Kupferdraht von fünf engl. Meilen Länge und $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke auf einen kleinen Eisenstab gewunden, und bildete so einen soliden Cylinder von 18 Zoll Länge und 13 Zoll Durchmesser.

Zur Bestimmung der Richtung der inducirten Ströme diente gewöhnlich ein schraubenförmiger Draht (Magnetisirungsspirale) von etwa dreifsig Umgängen, so eng, um eben eine Nähnadel aufzunehmen.

Ein kleines Hufeisen, dessen oft erwähnt werden wird, bestand aus einem Stücke weichen Eisens von etwa 3 Zoll Länge und $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke, und jeder seiner Schenkel war umwickelt mit fünf Fufs Kupferdraht. Diese Länge ward so klein genommen, damit nur ein Strom von beträchtlicher Stärke (*Quantity*) das Eisen magnetisch machen und dadurch angezeigt werden konnte.

Die gewöhnlich angewandte Batterie (Taf. IV Fig. 6), bestand aus drei concentrischen Kupfercylindern mit zwei Zinkcylindern dazwischen. Sie hielt 8 Zoll in Höhe und 5 Zoll in Durchmesser, und die Zinkfläche betrug, beide Seiten gerechnet, $1\frac{3}{4}$ Quadratfufs. Zuweilen wurde eine gröfsere und schwach geladene Batterie angewandt; alle weiterhin beschriebenen Versuche, ausgenommen die mit dem Cruickshank'schen Troge, lassen sich indefs mit einer oder zwei einfachen Batterien der eben beschriebenen Gröfse erhalten, besonders wenn sie stark geladen

sind. Die Art, die Kette mittelst einer Raspel zu unterbrechen, ist in *b* Fig. 6 Taf. IV abgebildet.

I. Umstände, die bei der Induction eines Stromes auf sich selbst von Einfluſs sind.

Mit einer thermo-elektrischen Säule, oder einer einfachen, schwach geladenen Volta'schen Kette giebt das Gewinde No. 1 (beim Oeffnen der Kette *P.*) die glänzendsten Funken (*deflagrations*), und das lauteste Geräusch (*snaps*) aus einer Quecksilberfläche. Die Schläge sind dabei aber sehr schwach, können nur in den Fingern oder auf der Zunge verspürt werden. Ein kurzes Gewinde giebt, obwohl Funken, sogar keine Schläge.

Wenn bei derselben Batterie die Länge des Schlieſsungsbogens vergröſsert wird, nehmen die Funken ab, während die Schläge an Stärke zunehmen. Mit fünf Gewinden, zusammen 300 Fuſs lang, und der kleinen Batterie, Taf. IV Fig. 6, sind die Funken kleiner als mit Gewinde No. 1, die Schläge aber kräftiger.

Es giebt indeſs in der Verstärkung der Schläge eine Gränze. Eine Rolle Kupferdraht von $\frac{1}{16}$ Zoll Durchmesser wurde successiv durch Zusätze von 32 Fuſs langen Stücken verlängert. Nach den beiden ersten Zusätzen, also einer Verlängerung von 64 Fuſs, fing der Glanz der Funken an abzunehmen, allein die Schläge nahmen an Stärke zu bis zu einer Drahtlänge von 575 Fuſs, wo auch sie begannen schwächer zu werden. Dieſs war also das Maximum bei einer einfachen Kette und einem Draht von angegebener Dicke.

Bei erhöhter Intensität der Batterie ward die Wirkung des kurzen Gewindes schwächer. Mit einem Cruickshank'schen Trog von 60 vierzölligen Platten konnte, wenn dieſs Gewinde in der Kette war, kaum irgend ein besonderer Effect bemerkt werden. Verlängerte man indeſs das Gewinde im Verhältniſs zur Intensität der Batterie, so kam der inductive Einfluſs zum Vorschein.

Als der Strom von 10 Platten des erwähnten Troges durch den 5 engl. Meilen langen Draht geleitet ward, waren die Schläge so stark, dafs man sie nicht zu ertragen vermochte. Ein kleiner Trog von 25 einzölligen Platten, welcher für sich nur einen sehr schwachen Schlag geben würde, gab mit der Drahtrolle No. 1, beim Oeffnen, einen sehr starken. Auch beim Schliefsen gab diese Vorrichtung einen Schlag, doch, im Vergleich zu dem beim Oeffnen, einen sehr schwachen. Der Funke ist jedoch bei dem langen Draht und der grofsen Batterie nicht so glänzend, wie bei der einfachen Kette und dem kurzen Gewinde.

Erhält man den Schlag aus einem langen Draht, wie im letzten Versuch, so kann die Gröfse der Platten in der Batterie sehr verringert werden, ohne dafs eine entsprechende Schwächung des Schlages erfolgt. Als aus sechs Stücken Kupferdraht (*copper bell wire*) von 1½ Zoll Länge und eben so vielen Zinkstücken von gleicher Gröfse eine Batterie gebildet, und deren Strom, durch den fünf engl. Meilen langen Draht geleitet wurde, ging der Schlag (beim Oeffnen) auf einmal durch die vereinigten Hände von sechs und zwanzig Personen!

Mit demselben langen Draht und der zuvor angewandten einfachen Batterie war kein Schlag, oder höchstens ein sehr schwacher zu erhalten; dagegen wirkte der Strom auf das Galvanometer.

Die Form der Windungen des Inductions-Apparats hat einen bedeutenden Einflufs auf die Stärke der Wirkung. Faraday gebrauchte bei seinen Versuchen einen cylindrisch aufgerollten dicken Kupferdraht mit einem Kern von weichem Eisen; diese Vorrichtung giebt zu magnetischen Einwirkungen den stärksten Effect; zu einfachen galvanischen Inductionen sind indefs die hier gebrauchten Bandgewinde und Drahtrollen am wirksamsten; die Windungen liegen dabei näher und üben deshalb einen grö-

ſseren Einfluſs auf einander aus. In einigen Fällen ist die Ringform (Taf. IV Fig. 9) die wirksamste.

Immer müssen indeſs die Windungen gut isolirt seyn, denn wiewohl beim Magnetisiren von weichem Eisen und analogen Versuchen die Berührung zweier Windungen keine groſse Schwächung in der Wirkung nach sich zieht, so ist doch, wie man weiterhin sehen wird, bei dem inducirten Strom eine einzige Berührung zweier Windungen hinreichend den ganzen Effect aufzuheben.

Zu bemerken ist noch, daſs hier alle Versuche mit Bandgewinden und Drahtrollen, wenn es nicht eigends erwähnt wird, ohne Hülfe von weichem Eisen angestellt wurden, weil mit derselben die Resultate verwickelt werden.

II. Bedingungen zur Erregung secundärer Ströme.

Die kräftige Wirkung eines flachen Kupferband-Gewindes zur Hervorrufung der Induction eines Stroms auf sich selbst, lieſs vermuthen, daſs es auch für das Studium der Erscheinungen der secundären galvanischen Ströme das geeignetste Mittel seyn werde.

Zu dem Ende wurde durch das Gewinde No. 1 der Strom der kleinen Batterie (Fig. 6) geleitet, und auf dieses, durch eine Glasplatte isolirt, das Gewinde No. 2 gelegt. So oft No. 1 geöffnet ward, gab No. 2 einen kräftigen secundären Strom. Dasselbe geschah, als das Gewinde No. 2 durch die Rolle No. 1 ersetzt war, wie Taf. IV Fig. 8 zeigt, worin *a* und *b* Gewinde und Rolle, so wie *c* und *d* die zum Empfange des Schlages dienenden Handhaben bezeichnen.

Wurden die Enden des secundären Gewindes zusammengerieben und dann getrennt, erschien ein Funke; wurden sie mit der Magnetisirungsspirale verbunden, zeigte sich eine in diese eingeschlossene Nadel stark magnetisch; wurden sie mit dem Draht des Hufeisens verknüpft, so ward dieses magnetisch; und wurden sie mit einem Was-

serzersetzungs-Apparate in Verbindung gesetzt, so erschien an beiden Polen Gas. Der Schlag von diesem Gewinde war indeſs sehr schwach, kaum oberhalb der Finger fühlbar.

Nun wurde, während das Gewinde No. 1 beibehalten blieb, statt des Gewindes No. 2, ein längeres durch Vereinigung von No. 3, 4 und 5 angewandt. Nun war, beim Reiben und Trennen der Enden, der Funke nicht mehr so glänzend, die Magnetisirungskraft war schwächer, die Zersetzung nahe dieselbe, allein die Schläge waren kräftiger.

Nun ersetzte man das Gewinde No. 1 durch einen aus den Rollen No. 1 und 2 zusammengesetzten Draht von 2650 Ellen Länge [1]). Nach dieser Aenderung waren die magnetisirenden Effecte des Apparats verschwunden, die Funken waren kleiner, die Zersetzung geringer, allein die Schläge fast zu stark, um sie ungestraft zu empfangen, ausgenommen durch die Finger Einer Hand. Ein Kreis von 56 Studenten empfing, bei einem einzigen Oeffnen des Batterie-Stromes, auf einmal einen Schlag, wie aus einer schwach geladenen Leidner Flasche. — (Der inducirte Strom war hier also von kleiner Quantität, aber groſser Intensität, sagt der Verfasser).

Der folgende Versuch ist wichtig, weil er die Thatsache feststellt, daſs in der Verstärkung des Schlages, so wie der Zersetzungskraft, eine Gränze stattfindet. Auf das Gewinde No. 2 legte man die Rolle No. 5, bestehend aus Draht von nur $\frac{1}{125}$ Zoll im Durchmesser, und etwa 700 Ellen Länge. Bei dieser Drahtlänge konnte weder Magnetismus noch Zersetzung erhalten werden, allein man

1) Der Verfasser sagt hiebei, das Gewicht der beiden vereinigten Rollen Draht sey dem des Bandgewindes gleich gewesen, und daher hätten die Effecte in derselben Metallmasse in der Form eines langen und eines kurzen Leiters mit einander verglichen werden können. Dagegen ist wohl zu bemerken, daſs die elektrischen Effecte sich nicht nach der Masse des Metalls richten, sondern nach der Länge, dividirt durch den Querschnitt. *P.*

erhielt Funken von eigenthümlich stechender Art, die indefs keine sonderliche Muskular-Wirkung ausübten. Als darauf derselbe Draht von 1500 Ellen Länge genommen ward, war der Schlag kaum in den Fingern zu spüren.

Als Gegenstück zu diesem letzten Versuch, wurde das Gewinde No. 1 zu einem Ring geformt, von solchem innern Durchmesser, dafs die grofse Rolle mit dem fünf engl. Meilen langen Draht hineingeschoben werden konnte. Jetzt waren die Schläge so intensiv, dafs man sie, wenn man sie nur durch Daum und Zeigefinger leitete, bis in die Schulter fühlte. Funken und Zersetzungen wurden ebenfalls erhalten und Nadeln magnetisch gemacht. Der Draht dieser Rolle ist $\frac{1}{16}$ Zoll dick; man sieht also, dafs bei vergröfsertem Durchmesser auch die Länge mit erhöhtem Effect, sehr vergröfsert werden kann.

Die Thatsache, dafs der inducirte Strom, bei Verlängerung des Drahts über eine gewisse Gränze, abnimmt, ist wichtig für die Construction der magneto-elektrischen Maschine, weil derselbe Effect auch bei der Induction des Magnetismus stattfindet. Dr. Goddard zu Philadelphia, dem ich den Draht der Rolle No. 5 verdanke, fand, dafs, wenn er seiner ganzen Länge nach, um das Eisen des temporären Magnets gewickelt wurde, keine Schläge zu erhalten waren. Der Draht der Maschine kann daher, in Bezug auf seinen Durchmesser, eine solche Länge haben, dafs er wohl Schläge aber keine Zersetzung giebt, und bei fernerer Verlängerung werden auch die Schläge abnehmen.

Die inductive Wirkung des Gewindes No. 1 bei den vorhergehenden Versuchen, ist genau dieselbe, wie die eines temporären Magneten bei einer magneto-elektrischen Maschine. Ein kurzer dicker Draht um den Anker giebt bekanntlich lebhafte Funken, ein langer dagegen Schläge.

Alle vorhergehenden Versuche wurden mit einer einfachen Volta'schen Kette gemacht; jetzt wurde statt deren

ren ein Cruickshank'scher Trog von 60 Plattenpaaren genommen. Wenn der Strom dieses Trogs durch das Gewinde No. 1 geleitet wurde, konnte mit allen zuvor gebrauchten Gewinden oder Rollen kein oder nur ein sehr schwacher secundärer Strom erhalten werden. Wenn aber die lange Rolle No. 1 statt des Gewindes No. 1 genommen ward, gaben alle eine kräftige Wirkung.

Zunächst wurden die Rollen No. 2 und 3 mit einander vereint, und in die den Batteriestrom leitende Rolle No. 1 gesetzt. Hiemit wurde ein secundärer Strom erhalten, der intensive Schläge gab, aber eine schwache Zersetzung und keinen Magnetismus in dem weichen Hufeisen. — (Hier hatte also ein Intensitätsstrom der Batterie einen Intensitätsstrom inducirt).

Nun wurden die beiden vereinigten Rollen No. 2 und 3 durch das Gewinde No. 3 ersetzt; sonst blieb alles ungeändert. Jetzt gab der inducirte Strom keine Schläge, wohl aber Funken und Magnetisirungen des Hufeisens. — (Hier hatte also ein Intensitätsstrom der Batterie einen Quantitätsstrom inducirt, während, wie der Verfasser bemerkt, die vorhergehenden Versuche zeigen, dafs auch ein Quantitätsstrom einen Intensitätsstrom erzeugen könne).

III. Ueber die Induction secundärer Ströme aus der Ferne.

Bei den Versuchen der beiden vorhergehenden Abschnitte war der Leiter, der die Induction empfing, von dem, welcher den primären durchliefs, nur durch die Dicke einer Glasscheibe getrennt. Da hiebei die Wirkung sehr stark war, so führte diefs darauf den Abstand zwischen beiden zu vergröfsern.

Zu dem Ende wurde das Gewinde No. 1 zu einem Ring von ungefähr zwei Fufs Durchmesser umgeformt und die Rolle No. 4 gestellt, wie es *a* Fig. 9 Taf. IV zeigt. Wenn die Rolle etwa 16 Zoll von der Mitte des Ringes entfernt war, konnten Schläge in der Zunge ver-

spürt werden, und diese nahmen bei Senkung der Rolle rasch an Stärke zu, so dafs sie, wenn diese in der Ebene des Ringes war, ganz schmerzhaft wurden. Noch stärker wurden sie, wenn man die Rolle aus der Mitte nach dem inneren Umfang wie bei *c* führte; brachte man sie dagegen aufserhalb des Ringes, in Berührung mit dem äufseren Umfang *b*, so waren die Schläge sehr schwach, und stellte man sie innerhalb des Ringes mit ihrer Axe winkelrecht gegen die Axe des Ringes, so konnte nicht der geringste Effect bemerkt werden.

Bei geringem Nachdenken wird es einleuchten, dafs diese Vorrichtung nicht die günstigste ist zur Hervorbringung der Induction, denn die eine Seite des Rings, z. B. bei *c*, sucht in der näheren Seite der Drahtrolle einen Strom von entgegengesetzter Richtung hervor zu bringen, wie in der entfernteren Seite. Der resultirende Effect ist daher nur der Unterschied dieser beiden Ströme, und dieser Unterschied kann nur klein seyn, weil die entgegengesetzten Seiten der Drahtrolle beinahe gleichen Abstand von *c* haben. Der Unterschied in der Wirkung auf beiden Seiten der Rolle wächst, so wie diese dem Ringe näher gebracht wird, und erlangt sein Maximum, wenn Ring und Rolle zur inneren Berührung gekommen sind. Eine Drahtrolle von gröfserem Durchmesser wird daher eine stärkere Wirkung geben.

Bei beibehaltenem Gewinde No. 1 wurde nun die kleine Drahtrolle vertauscht gegen die Rolle No. 1, welche 9 Zoll im Durchmesser hält. Die Wirkung in der Entfernung war bedeutend stärker. Als man das Gewinde No. 2 dem Gewinde No. 1 hinzugefügt, und die Ströme zweier kleinen Batterien durch beide gesandt hatte, waren noch bei 36 Zoll Abstand zwischen der Ebene der Rolle und der der Gewinde deutliche Schläge in der Zunge zu verspüren.

Noch mehr wurde die Wirkung in die Ferne verstärkt, als der fünf engl. Meilen lange Draht zu einem

Ring von vier Fuſs Durchmesser umgeformt, und neben einem anderen, aus den Bandgewinden No. 1, 2, 3, 4 gebildeten Ring gestellt wurde. Als man darauf durch dieſs Gewinde den Strom einer einfachen Kette von 35 Quadratfuſs Zinkfläche leitete, gab der Drahtring noch in 4 Fuſs Entfernung vom Gewinde Schläge in der Zunge. Bei gröſserer Annäherung dieses Ringes wurden die Schläge immer schmerzhafter, und bei einer Entfernung von 12 Zoll konnten sie nicht mehr durch den Körper gelassen werden.

Auch die Magnetisirungskraft war in der Ferne auſserordentlich groſs. Ein Cylinder von weichem Eisen, zwei Zoll dick und ein Fuſs lang, in die Mitte des mit der Volta'schen Kette verbundenen Ringes von Kupferstreifen gestellt, ward stark magnetisch.

Die Induction aus der Ferne liefert vielleicht eins der erstaunlichsten Experimente der „*Physique amusante.*" Es besteht darin, daſs man die Induction durch die Scheidewand zweier Zimmer gehen läſst. Zu dem Ende hängt man das Gewinde No. 1 in dem einen Zimmer an die Wand auf, während eine Person in dem andern Zimmer die Handhaben der Drahtrolle anfaſst und sich dem Ort nähert, dem gegenüber das Gewinde aufgehängt ist. Die Schläge, die sie nun ohne sichtbare Ursache empfängt, machen einen magischen Eindruck. Am besten gelingt der Versuch quer durch eine Thür oder eine hölzerne Scheidewand.

Die Wirkung in die Ferne liefert das einfachste Mittel, die Stärke der Schläge bei medicinischen Anwendungen zu graduiren. Die Drahtrolle kann dann an Schnüren, die über eine Rolle hinweggehen, horizontal aufgehängt werden, um sie langsam auf die Ebene des Gewindes herabzulassen, bis die Schläge die erforderliche Stärke haben.

Die energische Wirkung zwischen spiralförmigen Leitern gestattet auch die inductive Operation einer magneto-

elektrischen Maschine mittelst eines ununterbrochenen galvanischen Stromes nachzuahmen. Dazu braucht man nur zwei Gewinde so aufzustellen, dafs sie die Pole eines Hufeisenmagnets vorstellen, und zwei Drahtrollen in paralleler Ebene vor ihnen rotiren zu lassen. Wenn man nun durch jedes der Gewinde einen constanten Strom in entgegengesetzten Richtungen durchgehen läfst, ist die Wirkung auf die rotirenden Drahtrollen dieselbe, wie die auf den Anker der magneto-elektrischen Maschine.

Hier ist noch eine merkwürdige und mit dem folgenden Theil der Untersuchung zusammenhängende Thatsache in Bezug auf die Rolle No. 4 anzuführen. Diese Rolle besteht aus Kupferdraht, dessen Windungen durch eine Bekleidung von Kitt (*cement*) getrennt sind. Nachdem sie zu den vorstehenden Versuchen gedient hatte, wurde eine schwache Ladung von einer Leidner-Flasche durch sie geleitet, und als man sie nun hierauf wieder auf das Gewinde legte, konnte kaum ein Zeichen von einem secundären Strom erhalten werden. Diefs rührte daher, dafs die Entladung die Isolation zum Theil zerstört hatte; allein die Wirkung hievon war blofs auf die Induction beschränkt, denn ein in die Oeffnung der Rolle gesteckter Eisenstab wurde noch magnetisirt. Derselbe Vorgang zeigte sich bei einer andern Rolle. Die Erklärung hievon ergab sich später aus einer eigenthümlichen Wirkung des secundären Stromes.

IV. Ueber die Wirkung verschiedener zwischen die Leiter eingeschalteter Substanzen.

H. Davy fand, dafs die Magnetisirung von Stahlnadeln mittelst elektrischer Entladungen querdurch eingeschobene Platten von allen Substanzen, leitenden wie nicht leitenden, stattfinde [1]). Um zu sehen, ob diefs auch für die inducirten Ströme gelte, wie es der Versuch in

1) *Philosoph. Transact.* 1821.

den beiden Zimmern anzudeuten schien, wurde folgendermaſsen verfahren.

Die Rolle No. 1 wurde etwa 5 Zoll über dem Gewinde No. 1 befestigt, und eine Platte Eisenblech von etwa 0,1 Zoll Dicke eingeschoben. Bei dieser Vorrichtung konnten keine Schläge erhalten werden, obwohl sie, nach Wegnahme der Platte, sehr stark waren.

Hierauf wurden folgweise Platten von Kupfer, Zink, Blei, Quecksilber, Säure, Wasser, Holz, Glas u. s. w. eingeschaltet. Die guten, d. h. metallischen, Leiter wirkten wie das Eisen, die übrigen hatten keine Wirkung.

Wenn Rolle und Gewinde nur gerade durch die Dicke der Platten getrennt waren, konnte nach Einschiebung einer Zinkplatte von 0,1 Zoll Dicke noch eine schwache Empfindung verspürt werden, und diese Wirkung wuchs, wenn der Strom der Batterie stärker oder die Platte dünner gemacht wurde. Ein Blatt Zinnfolie, und selbst vier, störten die Induction nicht.

Die früher beim sogenannten Rotations-Magnetismus gemachten Erfahrungen veranlaſsten nun eine Bleiplatte, die einen Ausschnitt besaſs, einzuschieben. Es zeigte sich, daſs diese keinen schirmenden Einfluſs ausübte, die Schläge eben so stark waren, wie ohne dieselbe. Um den Einwand zu beseitigen, als sey hiebei die Induction durch den offenen Aussschnitt hindurchgegangen, wurden zwei solcher mit einem Ausschnitt versehenen Bleiplatten genommen, und sie, mit Einschaltung einer Glasplatte, so aufeinander gelegt, daſs der volle Theil der einen, den ausgeschnittenen der andern verdeckte. Allein dennoch war der Erfolg wie vorhin.

Hierauf wurden die Ecken an dem Ausschnitt einer der Platten durch Drähte mit einer Magnetisirungsspirale verknüpft und in diese eine Nadel gelegt (Fig. 11 Taf. IV). Bei Anstellung des Versuchs zeigte sich dann, durch die Polarität der Nadel, daſs in der Scheibe ein secundärer

Strom, von gleicher Richtung mit dem primären gebildet worden, wie es nach Faraday's Entdeckung seyn mufs.

Dafs der schirmende Einflufs der Platten einigermafsen durch die neutralisirende Wirkung des in ihnen erregten Stromes hervorgebracht werde, erhellt aus folgendem Versuch. Die zuvor erwähnte Zinkplatte, die einen fast doppelt so grofsen Durchmesser wie die Drahtrolle hat, wurde nicht zwischen die beiden Leiter eingeschaltet, sondern auf die Rolle gelegt. Der Erfolg war zwar nicht eine vollkommene Aufhebung der Schläge, wohl aber eine sehr bedeutende Schwächung derselben.

Hier entsteht die Frage: wie können zwei Ströme von gleicher Richtung einander aufheben? Um diefs zu ermitteln, wurden folgende Versuche gemacht.

Zunächst wurde, statt der bisherigen Platten, das Gewinde No. 3 eingeschaltet. So lange dessen Enden getrennt blieben, gab die Rolle No. 1 Schläge, wie wenn das Gewinde nicht vorhanden gewesen wäre; so wie man aber dessen Enden in gute Berührung mit einander brachte, konnten keine Schläge mehr erhalten werden. Die Vernichtung der Schläge war vollkommener als bei den Platten.

Jetzt wurde das ringförmige Gewinde No. 2, statt zwischen die Leiter, ringsum die Rolle gelegt. Mit unverbundenen Enden hatte dasselbe keinen Einflufs, bei Verknüpfung seiner Enden waren aber die Schläge wieder kaum fühlbar. Eben so verhielt es sich, wenn die Rollen No. 1 und 2 zusammen dem Einflufs des Gewindes No. 1 ausgesetzt wurden; sobald die Enden der einen verbunden waren, gab die andere keinen Schlag.

Endlich verschwanden auch die Schläge, wenn die Rolle No. 2 in einen Messing- oder Eisen-Cylinder, und das Gewinde No. 2 um denselben gelegt ward, wie in Fig. 16 Taf. IV.

Hieraus ist klar, sagt der Verfasser, dafs mit Strömen von allen Längen und Intensitäten in den einge-

schalteten oder angelegten Leitern eine Neutralisation stattfinde, und diese daher nicht durch eine Interferenz zweier Vibrationssysteme erklärt werden könne.

Ehe wir zum nächsten Abschnitt übergehen, mag bemerkt seyn, dafs die zuvor von der Drahtrolle No. 4 angeführte Escheinung (S. 292) mit der Neutralisation zusammenhängt. Indem nämlich die elektrische Entladung die Isolation an einigen Stellen zerstörte, machte sie aus einigen Windungen geschlossene Kreise, und die in diesen hervorgerufene Induction mufste die Wirkung in dem andern Theil der Drahtrolle aufheben, oder anders gesagt, diese Rolle war in demselben Fall, wie bei dem Versuch S. 294 mit zwei Rollen, wenn die Enden der einen verbunden waren.

Dasselbe Princip scheint auch eine wichtige Beziehung zur Verbesserung der magneto - elektrischen Maschine zu haben. Denn die Metallplatten, welche zuweilen die Enden der den Draht aufnehmenden Spule bilden, müssen nothwendig die Wirkung vermindern, ja in dem Anker selbst kann ein geschlossener Strom umherkreisen, der die Induction in dem umgebenden Draht schwächt. Ich bin geneigt zu glauben, sagt der Verfasser, dafs die erhöhte Wirkung, welche Sturgeon und Calland beobachtet haben, wenn ein Drahtbündel statt eines soliden Eisenstücks genommen wird, wenigstens zum Theil von der Unterbrechung dieser Ströme herrührt [1]).

Dafs H. Davy beim Magnetisiren einer Stahlnadel durch elektrische Schläge nichts von der Wirkung eingeschalteter Leiter wahrnahm, rührte wohl daher, dafs er eine Metallplatte zwischen einen geraden Leiter und die Nadel einschaltete. Hätte er die Platte zu einem geschlossenen Ring um die Nadel gebogen, so würde der Erfolg nicht ausgeblieben seyn.

1) Wie diefs auch bereits von Magnus nachgewiesen ist. S. Annal. Bd. XXXXVIII S. 95.

V. Erzeugung und Eigenschaften inducirter Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung.

Die vollkommene Neutralisation des primären Stroms durch einen secundären in dem eingeschalteten Leiter liefs glauben, dafs der letztere, wenn er dem Einflufs des ersteren entzogen würde, im Stande wäre, in einem dritten Leiter einen neuen inducirten Strom hervorzurufen.

Zur Prüfung dieser Vermuthung diente die Anordnung Fig. 12 Taf. IV. Der primäre Strom ging, wie gewöhnlich, durch das Gewinde No. 1 (*a* in der Figur), während No. 2 (oder *b*) darüber befindlich und mit seinen Enden mit No. 3 (oder *c*) verknüpft war. Der durch das letztere gehende secundäre Strom, konnte dann, aufser Einflufs des primären, auf die Drahtrolle No. 1 (oder *d*) inducirend einwirken. In der That bekam man bei Anfassung der Handhaben *e* und *f* kräftige Schläge, zum Beweise des Daseyns eines tertiären Stroms.

Durch die ähnliche, nur mehr erweiterte Anordnung Fig. 13 Taf. IV, wurden Ströme vierter und fünfter Ordnung erhalten, und wahrscheinlich lassen sich mit einem kräftigeren primären Strom, nach demselben Princip, Ströme von noch höheren Ordnungen erlangen.

Die Erregung von Strömen verschiedener Ordnungen von solcher Stärke, dafs sie Schläge geben, konnte schwerlich nach unseren bisherigen Ansichten vorausgesehen werden. Der secundäre Strom besteht gleichsam aus einer einzigen Welle der natürlichen Elektricität des Drahts, erregt (*disturbed?*) nur für einen Augenblick durch die Induction des primären; und doch hat dieser (der secundäre) die Macht einen anderen Strom von wenig geringerer Kraft als die seinige zu inducire, und dadurch Effecte hervorzubringen, die anscheinend, in Bezug auf die bewegte Elektricitätsmenge, weit gröfser sind als die des primären Stroms.

Es ist denkbar, dafs zwischen der Wirkung eines inducirten und eines Volta'schen Stroms einiger Unter-

schied bestehe, weil diese Ströme anscheinend von verschiedener Natur sind, jener, wie man annehmen kann, aus einem einzigen Impulse besteht, dieser dagegen aus einer Reihe solcher Impulse, oder einer continuirlichen Wirkung. Es war daher wichtig, die Eigenschaften dieser Ströme zu untersuchen und mit den zuvor erhaltenen zu vergleichen.

Was zunächst die Intensität betrifft, so wurde gefunden, dafs, bei Anwendung einer kleinen Batterie, der Strom dritter Ordnung fünf und zwanzig sich anfassenden Personen einen Schlag geben konnte; selbst bei einem Strome fünfter Ordnung waren die Schläge bis in die Arme fühlbar.

Die Wirkung in die Ferne war weit gröfser als zu erwarten stand. Bei einem Versuche waren die Schläge des tertiären Stroms noch deutlich in der Zunge fühlbar, wenn die Drahtrolle No. 1 sich 18 Zoll über dem den secundären Strom leitenden Gewinde befand.

Metallplatten, zwischen die Leiter der Ströme verschiedener Ordnungen eingeschaltet, wirkten eben so schützend, wie früher bei Einschiebung zwischen den primären und secundären Strom.

Es kann auch hier, mit Faraday's Ausdrücken gesprochen, wie der Verfasser es thut, ein Quantitätsstrom einen Intensitätsstrom erzeugen und umgekehrt. In Fig. 13 Taf. IV, — worin *a*, *b*, *c*, *f* respective die Gewinde No. 1, 2, 3, 4 bezeichnen, *d* die Rolle No. 1, und *e* die vereinten Rollen No. 2 und 3, so wie *g* die Magnetisirungsspirale vorstellt, — würde der secundäre Strom in *b* und *c*, wegen Kürze und Dicke des Leiters, ein Quantitätsstrom seyn; er inducirt in *d* und *e* einen tertiären Strom, der wegen Länge und Dünne des Leiters ein Intensitätsstrom ist; und dieser inducirt wiederum in *f* einen Quantitätsstrom.

Wenn aber das Gewinde No. 2, statt mit dem Gewinde No. 3, mit der Rolle No. 1 verbunden wird, kön-

nen keine Schläge erhalten werden. Der Quantitätsstrom des Gewindes No. 2 scheint, sagt der Verf., nicht intensiv genug zu seyn, um den langen Draht der Rolle No. 1 zu durchlaufen.

Auch bei der in Fig. 14 abgebildeten Vorrichtung, worin *a* und *c* die Gewinde No. 1 und 3, und *b* und *d* die Rollen No. 1 und 2 vorstellen, kann man mit den Handhaben der Rolle No. 2 keinen Schlag erhalten.

Der nächste Gegenstand der Untersuchung betraf nun die wichtige Frage, welche Richtung die Ströme haben. Faraday's Versuche würden es wahrscheinlich machen, dafs der secundäre Strom zu Anfang und zu Ende in entgegengesetzten Richtungen auf einen nebenliegenden Draht inducirend wirke. Allein ein secundärer Strom ist so instantan, dafs seine inductiven Wirkungen zu Anfang und zu Ende nicht von einander unterschieden werden können; es kann nur ein einfacher Impuls beobachtet werden, der sich indefs als der Unterschied zweier Impulse von entgegengesetzten Richtungen betrachten läfst.

Der erste Versuch wurde mit einem Strom vierter Ordnung angestellt. Die Magnetisirungsspirale wurde mit den Enden des Gewindes No. 4 (*f* in Fig. 13) verknüpft, und durch die Magnetisirung der Nadel gefunden, dafs dieser Strom gleiche Richtung habe mit dem secundären und dem primären Strom [1]).

Anfänglich glaubte der Verfasser, die Ströme aller Ordnungen hätten gleiche Richtung mit dem primären Strom; allein fernere sorgfältige Versuche, bei denen die Richtungen sowohl durch Zersetzungen als durch das Galvanometer bestimmt wurden, belehrten ihn, *dafs in der Richtung der Ströme verschiedener Ordnungen, von*

1) Man hat sich zu erinnern, dafs alle hier erwähnten Inductionen durch *Oeffnen* der Volta'schen Kette bewirkt wurden. Die durch das Schliefsen bewirkte Induction ist zu schwach, um die beschriebenen Erscheinungen hervorzubringen.

dem secundären ab, eine Abwechslung stattfinde, wie es folgendes Schema zeigt:

Primärer Strom	+
Strom zweiter Ordnung	+
Strom dritter Ordnung	—
Strom vierter Ordnung	+
Strom fünfter Ordnung	—

Was auch die Natur oder die Ursache dieser Wechsel in der Richtung seyn möge, so liefert sie doch eine leichte Erklärung von der neutralisirenden Wirkung der zwischen zwei Leiter eingeschalteten Platte. Es wird nämlich in dieser Platte ein secundärer Strom erregt, und obwohl derselbe gleiche Richtung wie der Batteriestrom hat, so sucht er doch in einem benachbarten Leiter einen Strom von entgegengesetzter Richtung zu erzeugen [1]).

Dasselbe Princip erklärt einige bei der Induction eines Stroms auf sich selbst bemerkte Erscheinungen. Wenn ein Gewinde mit der Batterie verbunden ist, erscheint bei jeder Oeffnung der Kette bekanntlich ein Funke durch Induction. Allein, wenn auf diefs Gewinde ein zweites mit verbundenen Enden gelegt wird, sind die Funken und Schläge weit schwächer; ja wenn man die Kupferstreifen beider Gewinde in einander wickelt, so dafs die Windungen einander wechselseitig einschliefsen, so werden die Funken bei dem den Batteriestrom leitenden Gewinde ganz verschwinden, wenn man die Enden des andern mit einander verknüpft. Zum Verständnifs dieser Erscheinung, sagt der Verf., braucht nur erwähnt zu werden, dafs der inducirte Strom im ersten Gewinde ein wahrer secundärer Strom ist, und daher durch die Wirkung des secundären Stroms in dem zweiten Gewinde neutra-

1) In diesem Leiter würden also, von Seiten des primären und secundären Stroms, gleichzeitig zwei Ströme erregt, die, weil sie entgegengesetzte Richtungen haben, einander, je nach ihrem Intensitätsverhältnifs, ganz oder theilweis aufheben müssen. *P.*

lisirt wird, weil dieser einen Strom von entgegengesetzter Richtung zu erregen trachtet. Aus der vollkommenen Neutralisation, die bei der eben genannten Vorrichtung erfolgt, geht hervor, dafs der inducirte Strom im zweiten Gewinde kräftiger ist, als der im ersten, und zwar deshalb, weil das zweite Gewinde, bei verbundenen Enden, einen geschlossenen Leiter bildet, während das erste Gewinde, um den Funken sichtbar zu machen, durch eine kleine Luftstrecke unterbrochen wird.

Aus Obigem folgt auch, dafs zwei benachbarte secundäre Ströme, die durch dieselbe Induction erregt werden, einander theilweise aufheben; denn da sie gleiche Richtung haben, so strebt jeder von ihnen in dem andern einen Strom von entgegengesetzter Richtung hervorzubringen. Diefs erhellt aus folgendem Versuch. Die Drahtrollen No. 1 und 2 wurden in einander, doch nicht verbunden, auf das Gewinde No. 1 gelegt, so dafs jede von ihnen eine Induction empfing; die gröfsere wurde dann allmälig weiter von dem Gewinde entfernt, bis die Schläge beider, einzeln genommen, gleiche Stärke hatten. Wenn nun die Enden beider Rollen mit einander verbunden wurden, so dafs der Schlag aus beiden zusammen durch den Körper gehen mufste, so war die Wirkung anscheinend schwächer, als mit einer der Rollen allein. Der Versuch war indefs nicht so genügend wie der vorher genannte, da ein kleiner Unterschied in der Stärke der Schläge von den einzelnen Rollen nicht mit Sicherheit zu ermitteln war.

VI. Hervorbringung inducirter Ströme verschiedener Ordnung durch gewönliche Elektricität.

In der neunten Reihe seiner Untersuchungen bemerkt Faraday, „dafs die Wirkungen, die ein Strom zu Anfang und zu Ende (die beim Volta'schen Strom durch eine Zwischenzeit getrennt sind) hervorbringt, bei einer durch einen langen Draht geleiteten gewöhnlichen elek-

trischen Entladung in demselben Moment eintreten müssen. Ob sie genau in demselben Moment eintreten und einander neutralisiren, oder ob sie der Entladung eine besondere Eigenthümlichkeit verleihen, ist ein noch zu untersuchender Gegenstand."

Die Entdeckung, dafs ein secundärer Strom, der doch auch nur einen Moment besteht, einen andern Strom von bedeutender Stärke induciren kann, liefs vermuthen, dafs eine gewöhnliche elektrische Entladung ähnliche Wirkungen geben würde.

Um diefs zu prüfen, wurde ein hohler Glascylinder von etwa 6 Zoll Durchmesser (*a* in Fig. 15) sowohl auswendig als inwendig mit einem schmalen Streifen Zinnfolie von etwa 30 Fufs Länge schraubenförmig beklebt, und zwar so, dafs die entsprechenden Windungen beider Schraubenstreifen einander genau gegenüber lagen. Um alle unmittelbare Gemeinschaft zwischen beiden zu verhüten, waren die Enden des innern Schraubenstreifens durch eine Glasröhre herausgeleitet. Wenn man nun die Enden dieses inneren Streifens mit der eine Stahlnadel enthaltenden Magnetisirungsspirale *c* verband, und durch den äufsern Streifen die Entladung einer Leidner Flasche *b* von einer halben Gallone Gröfse sandte; so wurde die Nadel stark magnetisirt, in einer Weise, die anzeigte, *dafs der inducirte Strom des innern Streifens gleiche Richtung hatte mit dem Strom der Flasche* [1]).

1) Für aufmerksame Leser dieser Annalen bedarf es wohl kaum der Bemerkung, dafs diese Thatsache auch von Hrn. Dr. Riefs entdeckt und in Bezug auf die verschiedenen Umstände, die dabei von Einflufs sind, genauer untersucht worden ist (Ann. Bd. 47 S. 55). Dem Verfasser vorliegender Abhandlung gebührt wohl, der Zeit nach, die Priorität (er las nämlich dieselbe schon am 2 Novbr. 1838 in der *American Philosophical Society*), allein, so interessant und lehrreich auch seine Arbeit ist (namentlich in Bezug auf die Entdeckung der Ströme höherer Ordnungen und deren Richtungen), so dürfen wir doch nicht verhehlen, dafs sie durch den Mangel an Messungen und sonstigen schärferen Bestimmungen Vieles zu wünschen übrig läfst. Es gehört dahin namentlich die Bestimmung der Richtung der

Wenn die Enden des einen Streifens einander nahe gegenübergestellt wurden, erschien zwischen ihnen ein Funke, im Moment, da durch den andern die Entladung ging. — Ein gröſserer Funke war aus diesen Enden zu erhalten, wenn man sie weiter auseinander rückte und ihnen eine Kugel oder einen Knöchel vorhielt. — Auch wenn man durch den innern Streifen eine Entladung sandte und den äuſseren Streifen mit seinen Enden verband, so daſs er ein Continuum darstellte, konnte man aus jedem Punkt von diesem einen Funken ziehen.

Die Funken in den beiden letzten Versuchen rühren offenbar von der unter dem Namen Seitenentladung bekannten Wirkung der gewöhnlichen Elektricität her. Um dieſs klar zu machen, braucht man nur an die bekannte Thatsache zu erinnern, daſs wenn der Knopf einer Leidner Flasche positiv elektrisirt, und der äuſsere Beleg mit dem Boden verbunden worden ist, die Flasche von der positiven Elektricität etwas mehr enthält, als zur vollkommenen Neutralisation der negativen auf dem äuſseren Beleg nothwendig ist. Setzt man den Knopf mit dem Boden in Verbindung, so findet sich der Ueberschuſs oder die freie Elektricität, wie sie zuweilen genannt wird, auf der negativen Seite. Als in den obigen Versuchen die Entladung stattfand, wurde der innere Streif für einen Augenblick mit dieser freien Elektricität geladen, und demzufolge trieb er, durch gemeine Induction (Vertheilung) aus dem äuſsern Streifen die beschriebenen Funken. Es war daher von Wichtigkeit zu ermitteln, ob der zuvor beschriebene inducirte Strom von einer solchen Seiten-Entladung herstamme, und nicht von einem wahren secundären Strom, wie er vom Galvanis-

Ströme durch die Magnetisirung von Stahlnadeln, ein Verfahren, welches wie Hr. Dr. Rieſs ausführlich gezeigt, höchst trüglich ist. Es bedarf daher diese Untersuchung einer sorgfältigen experimentellen Revision, wie sich das auch schon bei Wiederholung einiger der Versuche durch einen hiesigen Physiker thatsächlich erwiesen hat. (P.)

mus erzeugt wird. Zu dem Ende ward die Flasche geladen, erst bei Verbindung des äufsern Belegs mit dem Boden, und dann bei Verbindung des Knopfs mit demselben, so dafs der Ueberschufs einmal *plus* und das andere Mal *minus* war. Allein die Richtung des inducirten Stroms litt dadurch keine Aenderung, ging immer von der positiven zur negativen Seite.

Als indefs die Wirkung der freien Elektricität, durch Verbindung des Knopfs der Flasche mit einer etwa fufsgrofsen Kugel, vermehrt ward, so schien die Intensität des Magnetismus etwas geschwächt, sobald der Ueberschufs auf der negativen Seite war. Diefs hätte sich erwarten lassen, weil die freie Elektricität, bei ihrer Entweichung durch den Streifen in den Boden, einen schwachen Strom von entgegengesetzter Richtung mit dem der Flasche zu induciren suchen mufste.

Der Funke eines isolirten Conductors kann als fast gänzlich aus dieser freien oder überschüssigen Elektricität bestehend angesehen werden, und es fand sich, dafs derselbe einen inducirten Strom zu erregen vermochte, genau wie der aus der Flasche. Bei diesem Versuch war das eine Ende des äufsern Streifens des Cylinders mit dem Boden verbunden, und das andere empfing den Funken aus einem Conductor von 14 Fufs Länge und nahe einem Fufs Durchmesser. Der inducirte Strom hatte gleiche Richtung mit dem des Funkens aus dem Conductor.

Aus diesen Versuchen erhellt also, dafs die Entladung einer Leidner Flasche genau denselben secundären Strom zu induciren vermag, wie der galvanische Apparat, und dafs diese Induction nur in so fern mit dem Phänomen der Seiten-Erklärung zusammenhängt, als diefs zur Natur eines gewöhnlichen elektrischen Stroms gehört.

Hierauf wurden Versuche angestellt, um Ströme verschiedener Ordnungen durch gewöhnliche Elektricität hervorzubringen. Zu dem Ende wurde ein zweiter Glascylinder auf ähnliche Weise wie der frühere mit Streifen

von Zinnfolie belegt, und er mit diesem so verbunden, dafs der secundäre Strom von dem einen den andern umkreisen mufste. Wenn durch den äufseren Streifen des ersten Cylinders eine Entladung geleitet ward, bildete sich in dem innern Streifen des zweiten Theiles ein tertiärer Strom, wie es die Magnetisirung einer Nadel in einer mit den Enden dieses Streifens verbundenen Spirale ergab.

Auf dieselbe Weise konnte, durch Anwendung einer Vorrichtung wie Fig. 13, in einem dritten Glascylinder ein Strom vierter Ordnung erhalten werden. Bei diesen Versuchen waren jedoch die Windungen der Kupferstreifen mit einem doppelten Ueberzug von Seide versehen, und die zusammengebrachten Leiter durch eine grofse Glasplatte getrennt.

Metallplatten, die zwischen die Leiter verschiedener Ordnungen gebracht worden (der vollkommnen Isolation wegen, eingeschlossen zwischen zwei Glasplatten) übten auch hier ihre schirmenden Wirkungen aus. Gewinde von Kupferstreifen, statt der Metallplatten eingeschaltet, verhielten sich ähnlich wie vorhin S. 294 beschrieben. Mit verbundenen Enden schirmten sie, mit offnen hatten sie keine Wirkung.

Das Daseyn des inducirten Stroms wurde bei allen diesen Versuchen ermittelt durch die Magnetisirung einer Nadel in einer Spirale, die mit einem der Gewinde verbunden war.

Ebenso wurden Schläge vom secundären Strom erhalten mittelst der, in Fig. 16 Taf. IV abgebildeten Vorrichtung. Die mit einander verknüpften Drahtrollen No. 2 und 3 (*c* in der Figur) wurden in eine Glasglocke *b* gelegt und das Gewinde No. 2 (*a*) um dieselbe. Beim Anfassen der Handhaben wurde im Moment, wo die Entladung das äufsere Gewinde durchlief, ein Schlag gefühlt. Die Schläge waren indefs bei verschiedenen Entladungen von sehr ungleicher Stärke. In einigen Fällen blieben die

die Schläge ganz aus, während sie in andern, bei einer schwächeren Entladung, sehr schmerzhaft waren. Diese Unregelmäſsigkeiten finden ihre Erklärung in einem folgenden Theil dieser Untersuchung.

Bis soweit sind alle Resultate mit der gewöhnlichen und der galvanischen Elektricität einander gleich. Allein in der *Richtung der Ströme verschiedener Ordnungen zeigt sich ein merkwürdiger Unterschied.* Bei den Versuchen mit den Glascylindern zeigen nämlich dieselben nicht die Abwechslungen der galvanischen Ströme (siehe S. 299), sondern sie haben alle gleiche Richtung, dieselbe wie der Strom der Leidner Flasche.

Um wo möglich die Ursache dieser Verschiedenheit zu entdecken, wurde zunächst versucht, die Richtung der Ströme durch eine Reihe von Gewinden, wie Fig. 13, zu ermitteln. Merkwürdigerweise zeigten sich dabei *die nämlichen Abwechslungen wie beim Galvanismus.* Das Auſserordentliche dieses Resultats veranlaſste, die Versuche mehrmals zu wiederholen, bald mit den Glascylindern (S. 301), bald mit den Gewinden; allein die Resultate blieben die nämlichen. Die Cylinder gaben die Ströme sämmtlich von gleicher Richtung, die Gewinde dagegen von abwechselnder Richtung.

Nach verschiedenen Hypothesen und mehren vergeblichen Versuchen, kam der Verfasser auf den Gedanken, es möchte wohl die Richtung der Ströme von dem gegenseitigen Abstande der Leiter herrühren, da dieſs der einzige Unterschied zwischen den Versuchen mit den Gewinden und den Cylindern war. Der Abstand zwischen den Gewinden betrug nämlich etwa 1,5 Zoll, der zwischen den Zinnfolie-Streifen etwa 0,05 Zoll.

Um diesen Gedanken zu prüfen, wurden zwei schmale Streifen Zinnfolie von etwa 12 Fuſs Länge, parallel neben einander ausgespannt, nur getrennt durch Glimmerblättchen von 0,02 Zoll Dicke. Wurde durch den einen die Entladung einer Leidner Flasche von einer halben

Gallone gesandt, so erhielt man von dem andern einen inducirten Strom in gleicher Richtung. Nun wurden die Streifen durch Glasplatten um 0,05 Zoll von einander getrennt; auch jetzt noch hatte der inducirte Strom dieselbe Richtung. Bei Vergröſserung des Abstands bis etwa $\frac{1}{8}$ Zoll konnte kein Strom erhalten werden; und wenn die Streifen noch weiter von einander entfernt wurden, erschien wiederum ein Strom, aber nun *von entgegengesetzter Richtung mit dem inducirenden*. Eine fernere Aenderung in der Richtung des Stroms war nicht zu beobachten; die Intensität der Induction nahm mit Auseinanderrückung der Streifen ab. Daseyn und Richtung des Stroms wurden bei diesen Versuchen durch die Polarität der Stahlnadel in der mit den Enden eines der Streifen verbundenen Spirale bestimmt.

Es fragte sich nun, ob die von der Polarität der Nadel angegebene Richtung des Stroms die wahre sey, oder die Magnetisirungsspirale selbst zuweilen einen entgegengesetzten Strom zu induciren vermöge. Um sich davon zu überzeugen, leitete der Verf. durch die kleine Spirale, die zu allen Versuchen benutzt worden war, eine Reihe an Intensität und Quantität verschiedener Ladungen, vom einfachen Funken eines groſsen Conductors an, bis zur vollen Ladung von neun Flaschen; allein sie alle gaben dieselbe Polarität. Die Spirale ist so eng, daſs die Nadel sie überall berührt.

Nachdem so der Wechsel in der Richtung des inducirten Stroms bei Veränderung des Abstands der Leiter festgestellt war, wurden viele Versuche unternommen, um zu sehen, ob dieser Wechsel auch von andern Umständen abhange, von Intensität und Quantität der primären Entladung, von Länge und Dicke des Drahts, von der Form der Kette. Allein die Resultate waren häufig anomal und schwankend.

Mit einer einzelnen Flasche von einer halben Gallone und mit einem Abstand von 0,05 Zoll zwischen den

Leitern hatte der inducirte Strom immer gleiche Richtung wie der primäre. Bei Vergröfserung dieses Abstandes fand sich aber immer ein Werth, bei welchem der Strom seine Richtung zu ändern anfing. Sicher hängt dieser Werth von dem Betrage der Ladung ab, wahrscheinlich auch von der Intensität, so wie von Länge und Dicke der Leiter. Mit einer Batterie von acht Flaschen von einer halben Gallone und mit parallelen Drähten von etwa zehn Fufs Länge, trat der Wechsel der Richtung nicht eher ein, als bei einem Abstand von 12 bis 15 Zoll, und mit einer noch gröfseren Batterie und längeren Leitern zeigte sich kein Wechsel, obwohl die Induction noch in einem Abstand von mehren Fufsen stattfand.

Hier war nur von der inductiven Wirkung des primären Stroms die Rede; aus den S. 304 angeführten Resultaten erhellt indefs, dafs die Ströme aller übrigen Ordnungen ebenfalls die Richtung ihres inductiven Einflusses mit der Entfernung ändern; allein bei ihnen findet der Wechsel in einem sehr kleinen Abstande vom Leitungsdraht statt, und in dieser Beziehung ist das Resultat dem eines *primären Stroms* von der Entladung einer kleinen Flasche ähnlich.

Die wichtigsten Versuche in Bezug auf den Abstand stellte der Verf. bei seinem Freunde, dem Dr. Hare in Philadelphia, an. Die Batterie bestand aus 32 Flaschen, jede von einer Gallone. Ein Kupferdraht von 0,1 Zoll Dicke und 80 Fufs Länge ward so ausgespannt und mit der Batterie verbunden, dafs er ein Trapez bildete, dessen längste Seite etwa 35 Fufs mafs (Fig. 17 Taf. IV). Neben dieser Seite ward ein anderer etwas dünnerer Draht ausgespannt, dessen Enden zu einer Magnetisirungsspirale führten. Anfangs betrug der Abstand zwischen beiden Drähten etwa einen Zoll, späterhin ward er, nach jeder Entladung durch den dicken Draht, vergröfsert. Wenn man den zweiten Draht bei *a* unterbrach, erhielt die Nadel in *b* keinen Magnetismus; ward aber der Kreis

geschlossen, so zeigte die Nadel bei jeder Entladung einen Strom von gleicher Richtung mit dem der Batterie an. Wenn bei einem Abstand von 16 Zoll zwischen beiden Drähten, die Enden des zweiten in zwei Gefäſse mit Quecksilber getaucht wurden, und man steckte einen Finger von jeder Hand in das Metall, so erhielt man einen Schlag. Die Richtung des Stroms war noch dieselbe, aber der Magnetismus nicht so stark wie bei einem kleineren Abstande.

Hierauf wurde der zweite Draht um den ersten gelegt, so daſs er ihn einschloſs. Jetzt war der Magnetismus stärker als zuvor, doch die Richtung des Stroms noch dieselbe, wie die des Batteriestroms, und das bis zu einem Abstande von zwölf Fuſs zwischen den Drähten. Bei diesem auſserordentlichen Abstande war die Nadel noch mäſsig stark magnetisirt. Die ganze Länge des innern dicken Drahts betrug 80 Fuſs, die des äuſsern 120.

Da eine Entladung von gewöhnlicher Elektricität einen secundären Strom in einem benachbarten Draht erregt, so muſs sie auch in ihrem eignen Draht einen analogen Einfluſs ausüben, und daraus entspringt die eigenthümliche Wirkung eines langen Leiters. Bekanntlich ist der Funke aus einem langen Draht, obwohl ganz kurz, merkwürdig stechend. Ich war so glücklich, sagt der Verfasser, Zeuge zu seyn eines sehr interessanten Beispiels dieser Wirkung bei einigen Versuchen mit atmosphärischer Elektricität, die 1836 im Franklin-Institut angestellt wurden. Zwei Drachen waren, einer über dem andern, an einem dünnen Eisendraht, statt der Schnur, in die Höhe gelassen, so daſs der ausgespannte Theil des Drahts eine Länge von etwa einer engl. Meile besaſs. Der Tag war vollkommen heiter, aber dennoch hatten die Funken aus dem Draht eine solche Wurfkraft (wie Dr. Hare sich ausdrückt), daſs funfzehn auf dem Boden stehende, und mit den Händen sich anfassende Personen

auf einmal einen Schlag bekamen, wenn die erste in der Reihe den Draht berührte. Als eine Leidner Flasche an der äufseren Belegung mit der Hand angefafst und der Knopf vor den Draht gehalten wurde, empfing man einen Schlag, wie wenn das Glas durchbohrt worden, der aber blofs das Resultat einer plötzlichen und intensiven Induction war.

Diese Effecte rührten offenbar nicht her von einer, nach dem Princip der gewöhnlichen elektrischen Vertheilung, an den Enden des Drahts angehäuften Intensität, denn der Knöchel mufste, um den Funken zu erhalten, bis auf einen Viertelzoll genähert werden. Es war nicht allein die Quantität, da die Versuche von Wilson beweisen, dafs derselbe Effect nicht erzeugt wird von einem gleichen Betrag an Elektricität auf der Oberfläche eines grofsen Conductors. Es scheint demnach offenbar ein Fall von Induction eines elektrischen Stroms auf sich selbst zu seyn. Der Draht ist mit einer bedeutenden Menge schwacher Elektricität geladen, welche ihn, seiner ganzen Länge nach, in Form eines Stroms durchläuft, und so die Induction am Ende der Entladung bewirkt, wie bei einem langen Draht, der einen galvanischen Strom durchläfst.

Bekanntlich hat die Entladung einer elektrischen Batterie ein grofses Zerreifsungsvermögen (*divellent power*) und häufig trennt sie die Theilchen des von ihm durchlaufenen Körpers gänzlich. Diese Kraft wirkt, wenigstens zum Theil, in der Linie der Entladung, und scheint der von Ampère entdeckten Abstofsung zwischen den einander folgenden Theilen eines und desselben galvanischen Stromes analog zu seyn. Um diefs zu erläutern, klebe man einen schmalen Streifen Zinnfolie auf ein Stück Glas, durchschneide ihn an mehren Punkten, und löse daselbst die Enden von dem Glase ab. Leitet man nun die Entladung von neun Flaschen von einer halben Gallone durch die Zinnfolie, so werden die Enden jeden Stücks aufge-

bogen und zuweilen ganz zurückgeschlagen, wie *a, a, a, a* in Fig. 18 zeigt. In dem bekannten Versuch mit der durchbohrten Karte scheint der rauhe Rand auf beiden Seiten des Lochs von einer ähnlichen Wirkung herzurühren.

Aus den S. 307 angegebenen Thatsachen ist nun wahrscheinlich, daſs die Tafel auf S. 299 nur annähernd richtig ist, daſs jeder, sowohl galvanische als elektrische, Strom erst eine inductive Action in Richtung seiner selbst ausübt, und der umgekehrte Einfluſs in geringem Abstande von dem Draht stattfindet.

Um dieſs zu prüfen ward die zusammengesetzte Drahtrolle auf das Gewinde No 1 gelegt, und ihre Enden mit den Enden des äuſsern Zinnfolie-Streifens auf dem Glascylinder verbunden, während der innere Zinnstreifen mit der Magnetisirungsspirale verknüpft ward. Es entstand ein schwacher tertiärer Strom, der in zwei Fällen, wie es die Polarität der Nadel anzeigte, gleiche Richtung mit dem primären hatte, in andern Fällen dagegen Null war oder entgegengesetzte Richtung besaſs. Eine Vorrichtung mit zwei Drahtgewinden um zwei Glascylinder, einer in dem andern, gab dasselbe Resultat. Der Magnetismus war schwächer, wenn der Abstand der zwei Reihen von Windungen kleiner war, eine Anzeige, wie es schien, zur Annäherung an eine Neutralitätslage. Diese Resultate sind freilich negativer Art, doch scheinen sie anzudeuten, daſs der Wechsel mit der Entfernung ebensowohl bei galvanischen Strömen (also waren die eben genannten Versuche mit solchen angestellt (*P.*)), als bei gewöhnlichen elektrischen Entladungen statthabe. Die Entfernung, bei welcher der Wechsel stattfindet, scheint jedoch bei den ersteren kleiner als bei den letzteren zu seyn.

Zwischen dem primären Strom der galvanischen Batterie und dem einer groſsen elektrischen Batterie scheint, was die inducirte Wirkung betrifft, eine vollkommne Ana-

logie zu herrschen, indem bei beiden der Punkt des Wechsels in grofser Entfernung zu liegen scheint.

Die im Abschnitt IV beschriebene Neutralisation kann nun bestimmter so erklärt werden, dafs man sagt, wenn ein dritter Leiter zugleich von einem primären und secundären Strom eine Einwirkung erleidet (und er dem zweiten Draht nicht zu nahe ist), er in die Region des Plus-Einflusses des ersteren und in die des Minus-Einflusses des letzteren falle, weshalb denn keine Induction stattfinde.

Deutlicher macht diefs Fig. 19, worin *a* den primären, *b* den secundären und *c* den dritten Leiter bezeichnet. Die in der Mitte des ersten Leiters beginnenden und herabwärts fortgesetzten + Zeichen, bedeuten den constanten Plus-Einflufs des primären Stroms, die am zweiten Leiter beginnenden Zeichen +0 — — u. s. w. dagegen die mit der Entfernung sich ändernde inductive Wirkung des secundären Stroms. Fällt der dritte Leiter, wie Figur zeigt, in die Plus-Region des primären und in die Minus-Region des secundären, so heben die beiden Wirkungen einander auf.

Fig. 20 zeigt eben so den Fall, wo ein secundärer Strom *b* und ein tertiärer *c* zugleich auf den Leiter *d* wirken. In der abgebildeten Lage wird dieser keine Einwirkung erleiden, näher an *c* aber einen Minus-Strom erhalten.

Magneto-elektrische Ströme verhalten sich in allen diesen Beziehungen wie galvanische und elektrische.

Endlich bemerkt noch der Verfasser, dafs die von ihm beschriebenen Thatsachen im Zusammenhange stehen mit der von Savary entdeckten abwechselnden Magnetisirung von Stahlnadeln in verschiedenen Abständen von der Entladungslinie gewöhnlicher Elektricität [1]), so wie

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1827 *T.* 34 *p.* 5. (Ann. Bd. IX S. 443 u. Bd. X S. 73) Gerade die von Savary entdeckten Erscheinungen zeigen

mit dem von Harris zu Plymouth entdeckten schirmenden Einfluſs aller Metalle [1]).

(Zum Schluſs bemerkt noch der Verfasser, er habe von Hrn. Dr. Bache (der bekanntlich i. J. 1837 eine Reise durch Deutschland machte) erfahren, daſs bereits Hr. Prof. Ettingshausen in Wien zu der Ansicht geführt sey, es würden in der Metallhülse (*Keeper*), welche das Drahtgewinde bei der magneto-elektrischen Maschine aufnimmt, elektrische Ströme erregt, und daſs er vorgeschlagen, das Drahtgewinde durch einen Holzring von der Metallhülse zu trennen, und letztere in Stücke mit eingelegter nicht leitender Substanz zu theilen.)

V. *Ueber Acechlorplatin, nebst Bemerkungen über einige andere Produkte der Einwirkung zwischen Platinchlorid und Aceton; von W. C. Zeise.*

(Schluſs von S. 181.)

Acechlorplatin mit Kalihydrat in Alkohol.

Bei Behandlung des Acechlorplatins mit einer *alkoholischen* Kalilösung, erhielt ich einen schwarzen pulverförmigen Körper, welcher zwar einige Aehnlichkeiten mit dem Aceplatinoxydul hatte, aber doch auch verschiedene Eigenthümlichkeiten.

Als nämlich eine Portion Acechlorplatin mit einer ziemlich starken, so gut wie farblosen Lösung von Kalihydrat in Alkohol von 99$^0_0$ angerieben ward, erhielt ich eine braungefärbte breiartige Masse. Bei Erwärmung im De-

aber auch, wie schon bemerkt, daſs man aus der Polarität, die eine Stahlnadel durch einen elektrischen Strom empfängt, nicht mit Sicherheit auf dessen Richtung geschlossen werden kann. *P.*)

1) *Philosoph. Transact.* 1831.

stillirapparat wurde Alles fast schwarz. Ein sonderliches Schäumen oder Brausen in der Masse zeigte sich nicht. Nachdem ungefähr ein Viertel übergetrieben worden, hatte man ein kohlschwarzes Pulver und darüber eine braungelbe Flüssigkeit. Nach fortgesetzter Destillation, unter Zusatz von etwas mehr reinen Alkohols, war die Flüssigkeit nur wenig gefärbt. Nach dem Abgiefsen wurde das Pulver mit Alkohol, dem ein wenig Salzsäure zugesetzt worden, ausgewaschen und darauf vollständig mit kochendem Wasser.

Der so erhaltene, gehörig getrocknete schwarze Körper schien frei zu seyn von eingemengtem metallischem Platin. Beim Erwärmen und gegen Alkohol verhielt er sich wie Aceplatinoxydul, und mit Aceton entzündete er sich nicht anders, als wenn demselben etwas Alkohol zugesetzt worden. Salzsäure wirkte nur unbedeutend darauf, aber Königswasser löste dagegen bei Digestion leicht das Ganze. — Ist er vielleicht als Folge der desoxydirenden Einwirkung des Alkohols eine sauerstofffreie Verbindung von Platin mit einem eignen Kohlenwasserstoff?

Das hiebei erhaltene Destillat roch nach Salzäther, hatte aber überdiefs einen eignen Geruch.

Acechlorplatin, gelöst in Aceton, mit Ammoniak.

Leitet man trocknes Ammoniakgas in eine, mit Wasser oder besser mit Eis umgebene, klare Lösung des Acechlorplatin in Aceton, so scheidet sich bald ein gelbgefärbter Körper als ein hellgelbes kristallinisches Pulver ab. Bei fortgesetzter Hineinleitung von Ammoniak löst sich dieses wieder auf, und selbst ehe die Lösung mit Ammoniak gesättigt ist, hat man eine klare, etwas bräunlich gelbe Flüssigkeit. Unterwirft man diese im Wasserbade bei schwacher Wärme einer Destillation, so geht zuerst, unter Entwicklung von Ammoniakgas, ein mehr oder weniger ammoniakreiches Aceton über. Diefs giebt mit Wasser nicht die geringste Trübung. Wird dieses Destillat

abgeschieden, und darauf, nachdem der Geruch nach Ammoniak bedeutend abgenommen hat, weiter destillirt, so erhält man erstlich eine farblose Flüssigkeit, welche auf Zusatz von Wasser stark milchig wird; darauf, bei Destillation in einer starken Lösung von Chlorcalcium, eine gelbe Flüssigkeit, welche mit Wasser einen auf der wässerigen Flüssigkeit schwimmenden öligen Körper giebt; und bei bedeutend stärkerer Wärme und starker Neigung des Retortenhalses einen braungelben, etwas dickflüssigen Körper, der mit Wasser einen ölartigen Körper in bedeutender Menge giebt.

Dabei wird der Rückstand immer dickflüssiger und braungelber, und bald darauf beginnt ein körnig kristallinischer, röthlich brauner Stoff sich abzuscheiden. Wird nun eingehalten und darauf zu der erkalteten aus diesem körnigen festen Stoff und einem dicken rothbraunen Syrup bestehenden Masse Aether hinzugesetzt, und damit gut durchgerührt, so erhält man eine röthlich braune Lösung und einen gelbbraunen unlöslichen Körper, welcher, ausgewaschen mit Aether, bis dieser sich fast nicht mehr färbt, und darauf getrocknet im Vacuo über Schwefelsäure, eine rein gelbe Farbe und ein salzartiges Ansehen hat. Ich bezeichne diesen bis weiteres mit dem Namen *Acechlorplatin-Ammoniak durch Aceton.*

Das Aceton wirkt nur schwach darauf, und er kann deshalb auch sehr wohl durch Aceton von jenem braunen Körper befreit werden. Alkohol löst ihn dagegen leicht, und aus dieser Lösung kann er durch Aether, in hinreichender Menge angewandt, gefällt werden. Vom Wasser wird er besonders leicht und in sehr grofser Menge aufgelöst, eine bräunlich gelbe Flüssigkeit gebend. Beide Lösungen reagiren, selbst wenn das Salz lange im Vacuo über Schwefelsäure gestanden, stark alkalisch, obgleich sie fast nicht alkalisch riechen. Selbst die wässerige Lösung kann zur Trockne eingekocht werden, ohne die mindeste Ausscheidung, oder sonstiges Zeichen von

Zersetzung. Die wässerige Lösung giebt mit einer gewissen Menge Kalilauge beim Erwärmen eine schwache gelbliche Ausscheidung, welche durch mehr Kali verschwindet, dabei zeigt sich mindestens nur eine sehr schwache Entwicklung von Ammoniak. Beim Liegen an der Luft nimmt dieses Salz an den Rändern der Masse bald eine braune Farbe an, und zugleich ein Ansehen, wie wenn es zerfliefsen wollte. Wie es scheint, rührt diese Veränderung doch mehr von der Einwirkung des Sauerstoffs als vom Wasser der Luft her. Es ist mir vorgekommen, wie wenn einige Portionen dieser Veränderung mehr ausgesetzt wären als andere, und ich bin daher noch ungewifs, ob diefs Verhalten wesentlich ist für diefs Product, oder ob es von der Einmengung eines fremden Stoffes herrührt. Beim Kochen nimmt das Aceton mehr vom Acechlorplatin-Ammoniak auf, als in gewöhnlicher Temperatur. Das, was nach mehrmaligem Auskochen mit ziemlich grofsen Portionen Aceton zurückblieb, verhielt sich in jeder Weise wie zuvor; und ich konnte auch keinen wesentlichen Unterschied mit dem durch Eindampfen der Auflösung Erhaltenen wahrnehmen.

Das Acechlorplatin-Ammoniak verkohlt sich bei trockner Destillation, aber dazu bedarf es einer ziemlich starken Hitze. In offnem Feuer kann man es zur Verbrennung mit Flamme bringen, aber um diese zu unterhalten, mufs es wiederholentlich stark erhitzt werden.

Eine alkoholische Lösung dieses Salzes giebt mit einer alkoholischen Lösung von Platinchlorid einen sehr reichlichen graulich gelben Niederschlag; aber die darüber stehende Flüssigkeit ist auch gelb und giebt mit Aether, obschon in geringer Menge, einen gelbweifsen, etwas schlammigen Niederschlag, welcher, auf einem Filter getrocknet, sich schnell an der Luft in einen braunen theerartigen Stoff verwandelt. Das durch Platinchlorid Gefällte ist reich an einem kohlenstoffhaltigen Körper.

Bei einigen Versuchen sammelte ich jenen Körper,

welcher sich im Beginn der Einströmung von Ammoniak ausschied. Man erhält ihn nur in geringer Menge, und deshalb habe ich noch nicht Gelegenheit gehabt zu entscheiden, ob er wesentlich verschieden sey von dem auf angeführte Weise später erhaltenen. Auf dem ersten Blick könnte man versucht seyn, ihn für Salmiak zu halten, mit einer bloſsen Einmengung eines andern Salzes; allein er giebt bei trockner Destillation zu viel Kohle, und diese beim Verbrennen zu viel Platin, als daſs er dafür genommen werden könnte. Er entsteht auch, wie leicht begreiflich, wenn man zu einer Flüssigkeit, die durch fortgesetzte Einströmung von Acechlorplatin eben aufs Neue klar geworden ist, eine acetonische Lösung von Acechlorplatin gieſst. Wie es scheint, hat diese Ausscheidung und Wiederauflösung ihren Grund darin, daſs das Acechlorplatin-Ammoniak schwerer löslich ist in reinem Aceton, als in Aceton, das eine gewisse Menge jener öl-artigen Körper enthält, die bei Einwirkung von Ammoniak auf das gelöste Acechlorplatin ausgeschieden oder erzeugt worden. Denn gieſst man das allererste, sehr ammoniakreiche, aber nichts von dem Oeligen enthaltende Destillat zu einer acetonischen Lösung des Acechlorplatin, so entsteht sie; wird darauf, auch nur in sehr geringer Menge, das spätere ölartige Destillat hinzugesetzt, so wird die selbst sehr trübe Flüssigkeit wieder vollkommen klar.

Jenen ölartigen Körper im Destillat habe ich bis jetzt nur in ziemlich geringer Menge gehabt, und deshalb noch nicht in einen constanten Zustand bringen können. Er ist ziemlich schwer verdampfbar, und das Meiste bekommt man durch Destillation der ätherischen oder acetonischen röthlich braunen Flüssigkeit, die bei Behandlung des salzartigen Rückstands mit Aether oder Aceton zur Abscheidung des braunen Stoffs erhalten wird. Der gröſste Theil des Acetons kann verdampft werden mit Hülfe eines Destillirapparats mit dem S. 159 angeführten ausgeblasenen

Rohr. Der Rest kann durch Wasser abgeschieden werden, aber das Oel selbst scheint darin in ziemlich grofser Menge auflöslich zu seyn, besonders bei Gegenwart von viel Aceton. Selbst als Rückstand von mehren Destillationen reagirt er stark alkalisch. Er läfst sich anzünden, aber schwierig, und die Flamme giebt viel Rufs.

Acechlorplatin mit einer alkoholischen Ammoniaklösung.

Eine Portion Acechlorplatin wurde mit 98procentigem, mit trocknem Ammoniakgas gesättigtem Alkohol angerieben; es löste sich darin mit röthlich brauner Farbe. Bei einem gewissen Verhältnifs war die Flüssigkeit neutral, aber es wurde zuletzt ein Ueberschufs von der ammoniakalischen Flüssigkeit angewandt; beim Filtriren blieb höchst unbedeutend unaufgelöst. Die röthlich braune Auflösung ward nun sogleich mit einer grofsen Menge Aether zusammengeschüttelt. Dabei schied sich in grofsen Flocken ein gelber Körper aus, ganz wie bei Darstellung des Acechlorplatin-Ammoniak mittelst Aceton, nur vielleicht etwas mehr gefärbt; und die darüber stehende Flüssigkeit, die erst bräunlich gelb war, wurde durch Auswaschen mit mehren Portionen Aether, zuletzt so gut wie farblos erhalten, und gab beim Eindampfen so gut wie nichts. Nun wurde filtrirt und das Gesammelte schnell im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet. Es war nun eine blafsgelbe, lockere Masse; nur hie und da an den Kanten war etwas von dem Braunen, Klebenden hinzugekommen, wie bei dem Salz mittelst Acetonlösung. Es löste sich besonders leicht in Wasser, war auch, wenigstens theilweis, in Alkohol löslich, löste sich aber darin weit weniger schnell und weit weniger reichlich als das Salz mit Aceton-Ammoniak. Bei einem andern Versuch mit einer etwas gröfseren Portion machte sich Alles ie angeführt, jedoch mit dem merkwürdigen Unterschied, dafs, obwohl alle Materialien, so wie alle Umstände dieselben waren, ausgenommen vielleicht die Anwendung

einer verhältnifsmäfsig etwas gröfseren Menge Ammoniakflüssigkeit als beim ersten Versuch, hier ein dunkelrother salzartiger Stoff in nicht unbedeutender Menge wie unlöslich in der alkoholischen Ammoniakflüssigkeit zurückblieb.

Diefs rothe Salz zeigte sich unveränderlich an der Luft, war in Wasser ganz unlöslich, und wurde beim Kochen damit schwarz, etwa wie Acechlorplatin. Aether schien nicht darauf zu wirken, kochender Alkohol nur schwach; Aceton wirkte mehr, so dafs die Flüssigkeit stärker gefärbt wurde, aber gelb; ich beobachtete indessen bald, dafs selbst beim Kochen sehr viel Aceton zur vollständigen Auflösung nöthig seyn würde, falls diese wirklich statthaben konnte; die ziemlich stark gefärbte gelbe Flüssigkeit gab beim Eintrocknen sehr wenig von dem gelben Körper; durch Wasser wurde diese Acetonlösung nicht getrübt. Selbst ziemlich starke Salzsäure wirkte, bei gewöhnlicher Temperatur, wenig oder gar nicht auf das rothe Pulver. Beim Kochen damit gab es eine vollständige Auflösung, aber auch von gelber Farbe. Es liefs sich besonders leicht anzünden und fuhr fort mit stark leuchtender (etwas ins Grüne spielender) Flamme zu brennen, selbst nachdem die Masse aus der Weingeistflamme gezogen war. Bei trockner Destillation gab es, aber erst bei starker Wärme, ein salmiakartiges Sublimat in bedeutender Menge, und daneben etwas von einer farblosen nach Aceton riechenden Flüssigkeit, so wie einen kohligen (nicht metallischen) Rückstand, welcher, an die Luft gebracht, bis auf das Platin verbrannte.

Das in diesem Versuch auf beschriebene Weise erhaltene, wohl ausgewaschene und getrocknete gelbe Acechlorplatin-Ammoniak verhielt sich wie das beim ersten Versuch; nur schien es weniger veränderlich an der Luft zu seyn.

Sowohl die alkoholische und ätherische Flüssigkeit, aus der diefs Salz gefällt worden, als auch der zum Aus-

waschen gebrauchte Aether gab ein Destillat, worin zu keiner Zeit, nach Zusatz von Wasser, etwas von dem ölartigen Körper beobachtet werden konnte, den man bei Darstellung des Salzes mittelst Aceton-Ammoniak erhält.

Acechlorplatin mit wässeriger Ammoniakflüssigkeit.

Acechlorplatin wurde mit ganz wenig Ammoniakwasser angerieben, und dabei eine erst gelbe, später röthlich braune Flüssigkeit erhalten, während ein Theil ungelöst blieb. Für den Geruch, aber nicht für Probefarben, war die Flüssigkeit neutral. Sowohl bei mehr Wasser als bei mehr Ammoniak oder mehr Salz blieb ein Theil des letzteren ungelöst. Ich bemerkte einen acetonartigen Geruch. Nun wurde das Ganze (die bräunlich gelbe Lösung und das zum Theil rothbraune Pulver) einer Destillation unterworfen. Es zeigte sich dabei fast keine Farbenänderung, ausgenommen vielleicht, dafs es schneller weniger als mehr braun ward; es zeigten sich deutlich ätherartige Streifen in der Retorte. Als die Flüssigkeit etwas gekocht hatte, war Alles vollständig aufgelöst zu einer blofs bräunlich gelben Flüssigkeit.

Bei einem andern Versuch mit einer gröfseren Portion zeigte sich ebenfalls das Verhalten, dafs bei gewöhnlicher Temperatur, obschon eine grofse Portion Wasser hinzugesetzt worden, ein Theil unaufgelöst blieb, und dennoch bei fortgesetztem Kochen sich zuletzt Alles auflöste; selbst nach einiger Zeit des Kochens hatte das noch ungelöste Pulver eine rein gelbe Farbe. Es war ein deutlicher, wiewohl nicht grofser Ueberschufs an Ammoniak angewandt. Kurz nachdem sich Alles gelöst hatte, war die Flüssigkeit etwas bräunlich gelb, aber diefs Mal ward es bei fortgesetztem Kochen etwas dunkler, und es schied sich, wenngleich in geringer Menge, ein schwärzlicher Körper aus. Ein Theil der filtrirten Flüssigkeit gab, im Vacuo über Schwefelsäure, eine dunkelbraune, spröde, undeutlich kristallisirte Masse. In Alkohol war

sie wenigstens theilweis löslich, aber langsam und in geringer Menge. Das diefs Mal erhaltene Destillat hatte zwar die ätherartigen Streifen nicht deutlich gezeigt, aber der Geruch verrieth darin, aufser Ammoniak, einen ätherischen Körper.

Acechlorplatin mit Ammoniakgas.

Reines und wohlgetrocknetes Acechlorplatin in fein zerriebenem Zustand, wurde in einer ausgeblasenen Röhre, deren herabgebogener Schenkel in einen Kolben ging, welcher mit einem seitwärts ausgehenden angeschmolzenen Leitrohr versehen war, einem durch Kalihydrat gegangenen Strom von Ammoniakgas ausgesetzt. Selbst nach langem Durchströmen des Gases, sah das Salz so gut wie unverändert aus, auch bei starker Abkühlung des Rohrs. Und sogar bei ziemlich starker Erwärmung desselben zeigte sich nichts in dem Vorlagekolben. Als jedoch das Salz, nachdem es lange dem Ammoniak ausgesetzt worden, näher untersucht wurde, zeigte es sich wenigstens zu einem sehr grofsen Theil löslich in Wasser und Alkohol, aber nur ziemlich wenig in Aceton. Die wässerige Auflösung ertrug starkes Kochen ohne erkennbare Zersetzung, und das Salz gab bei trockner Destillation, unter Abkühlung, eine bedeutende Menge eines salzartigen Sublimats.

Destillat von Aceton mit Platinchlorid.

Das bei Behandlung des Platinchlorids mit Aceton zur Darstellung des Acechlorplatins erhaltene Destillat, verdient aus mehren Gründen eine genaue Untersuchung. Bisher habe ich indefs nur wenig Zeit darauf anwend[illegible] können. Bei Aufbewahrung, selbst vorsich[illegible] gegen Luft und Licht, erleidet es [illegible] Folge welcher es seine urs[illegible] losigkeit verliert, und [illegible] durchsichtig wird.

Platinharz.

Anlangend endlich das in gröfster Menge erhaltene Product, welches ich mit dem Namen Platinharz bezeichnet habe, so bleibt auch bei diesem Manches zu bestimmen übrig. Doch kann ich nicht unterlassen, bei dieser Gelegenheit die wichtigsten meiner darüber schon gesammelten Erfahrungen anzuführen.

So wie man es nach Ausscheidung des gröfsten Theils vom Acechlorplatin durch Kristallisation auf die oben zuletzt beschriebene Weise erhält, ist es reich an Salzsäure und enthält überdiefs eine nicht unbedeutende Menge unveränderten Acetons. In diesem Zustand bleibt es in gewöhnlicher Temperatur weich (von einer Steife zwischen Pech und Theer), und angerührt mit Wasser giebt es einen Theil aufgelöst mit brauner Farbe; in der sauren Auflösung ist, wie angeführt, unter andern etwas Acechlorplatin. Aus der in Wasser unlöslichen, im Vacuo über Schwefelsäure und Kalk getrockneten, nun spröden, ziemlich leicht zu Pulver zerreiblichen Masse zieht Alkohol von 80 Proc. nur einen gewissen Theil, Alkohol von 93 Proc. einen gröfseren Theil, und wasserfreier Alkohol noch einen Theil, Aether darauf noch einen Theil, Aceton (schon bei gewöhnlicher Temperatur) von dem noch nicht unbedeutenden Rückstand noch einen Theil, welcher gröfstentheils durch Aether ausgefüllt werden kann. Das Rückständige giebt beim Kochen noch eine Portion aufgelöst, und endlich [illegible] leibt eine schwarze, in allen jenen Flüssigkeiten [illegible] Masse. Alle Lösungen sind meh[illegible]er we[illegible]lbraun, und im Allgemeinen, se[illegible] Gege[illegible] nur wenig Masse in der Lösun[illegible] t stark gefärbt, wenn man [illegible] ungefähr einen Viertel- [illegible] Vasser scheidet aus dem [illegible] us dem ätherischen, und [illegible] nen Theil aus, [illegible] graugelben, die

grauschwarzer, schwarzbrauner oder gar kohlschwarzer Farbe. Das aus der durch Kochen mit Aceton erhaltenen Auflösung enthält gewöhnlich eine Portion Acechlorplatin, aber dieses erhält man, selbst nach mehren Umkristallisirungen von etwas grünlich gelber Farbe. Auch findet man etwas Acechlorplatin in dem, was Aether aus dem mit kaltem Aceton Ausgezogenen gefällt hat, und vielleicht nur in Folge dessen hat der Niederschlag zuweilen eine kristallinische Beschaffenheit; die übrigen Niederschläge sind schlammartig. Bei vorsichtigem Abdampfen geben alle Lösungen das Aufgelöste ohne erkennbare, oder wenigstens, ohne bedeutende Veränderung [1]). Der Rückstand von den alkoholischen Lösungen wird schnell und vollständig von ätzender Kalilauge aufgenommen; der von den ätherischen und der schwarze von den acetonischen löst sich dagegen nur wenig oder gar nicht darin. Alle geben bei trockner Destillation Kohlenplatin, ein zum Theil brennbares Gas, und ein chlorhaltiges Destillat, bestehend entweder aus einem farblosen dünnflüssigen, und einem braunen oder gelben, mehr oder weniger dünnflüssigen Körper, oder fast nur aus dem letzteren. Der Rückstand von dem alkoholischen Auszug schwillt beim Schmelzen sehr bedeutend auf, der von den übrigen wenig oder gar nicht. Das erhaltene Kohlenplatin verbrennt an der Luft mehr oder weniger langsam und hinterläſst merkbar eine verhältniſsmäſsig ungleiche Menge Platin.

Hieraus scheint gewiſs, das das rohe Platinharz drei oder vier verschiedene Stoffe enthält. Allein diese durch die angeführten Mittel gehörig getrennt zu erhalten,

1) Bei kochender Eindestillirung eines alkoholischen Auszugs bis auf etwa ein Viertel, hatte sich ein schwarzer, etwas pulverförmiger Körper ausgeschieden. Er wurde gesammelt und auf einem Filter mit Alkohol gewaschen. Als er aber darauf über Nacht hingestellt worden, war das Papier durch eine Selbstentzündung verbrannt und der schwarze Stoff zum Theil in metallisches Platin verwandelt.

ist kaum thunlich, theils weil, wie man leicht während der Arbeit bemerkt, mehr oder weniger von dem einen, wenigstens in den meisten Fällen, dem andern folgt, theils weil sie, wenigstens zum Theil, während der Arbeit verändert werden, wie es scheint durch Einwirkung der Luft. Wenn man z. B. durch ununterbrochenes Ausziehen der Masse mit Alkohol, durch Anrühren damit unter stetig fortgesetztem Zugiefsen auf ein Filter, endlich so weit gekommen ist, dafs das Durchlaufende nur eine hellbraune Farbe hat, und man giefst am folgenden Tage wieder Alkohol hinzu, so erhält man abermals eine sehr stark gefärbte dunkelbraune Flüssigkeit, aber nun ziemlich bald wieder eine nur wenig bräunlich gelbe, und diefs wiederholt sich nach neuem Hinstellen. Hat man, sogleich nachdem die Ausziehung mit Alkohol jenen Punkt erreicht hat, Aether zum Ausziehen angewandt, und fährt damit unausgesetzt fort, bis dieser, der zuerst lange eine schwarzbraune Lösung gab, nur schwach braungelb abläuft, giefst dann wieder Alkohol hinzu, da dauert es nicht lange, dafs man wieder eine stark gefärbte dunkelbraune Flüssigkeit bekommt, und wenn diese (was ziemlich bald geschieht) wieder mit bräunlich gelber Farbe abläuft, und man nun aufs Neue Aether anwendet, so erhält man wieder in einiger Zeit eine schwarzbraune Lösung, und so wenigstens viele Male. Bei Ausziehungen mit Aceton, nach der Behandlung mit Aether, zeigt sich zum Theil etwas Aehnliches. Auch nicht, indem ich die Ausziehungen kochend vornahm, habe ich diefs Verhalten vermeiden können. Und wenn ich die letzte Ausziehung mit Aceton vornahm, habe ich nicht den Punkt erreichen können, bei dem die ablaufende Flüssigkeit farblos gewesen wäre.

Bei Versuchen über das Verhalten eines alkoholischen und eines acetonischen Auszugs vom Platinharz zum Ammoniakgas habe ich Wirkungen erhalten, die vielleicht besser zum Ziele führen werden. Jedenfalls verdient diefs Verhalten bekannt zu werden.

Leitet man trocknes Ammoniakgas in einen stark dunkelbraunen alkoholischen Auszug des ziemlich wohl von freier Säure befreiten Platinharzes, so erhält man bald und reichlich einen gelben, kristallinischen pulverförmigen Niederschlag, der fast wie Chlorplatin-Ammonium aussieht. Die mit Ammoniak etwas übersättigte, filtrirte, noch stark gefärbte, braunschwarze Lösung gab, bis etwa zum Drittel abdestillirt, noch einen kristallinischen pulverförmigen Stoff, der fast wie der frühere aussah. Als die hievon abfiltrirte Flüssigkeit weiter eindestillirt, und darauf Aether hinzugesetzt wurde, schied sich ein brauner kristallinischer Körper aus. Als man die hievon abfiltrirte dunkelbraune ätherische Lösung weit mehr eindestillirte (hier, wie überall, im Wasserbad oder Chlorcalciumbad), und man darauf den Rückstand mit Aether behandelte, schied sich wie darin unlöslich ein fast schwarzer kristallinischer Körper aus. Wurde dann die hiervon abfiltrirte dunkelbraune ätherische Lösung im Vacuo über Schwefelsäure eingetrocknet, so erhielt man bald eine dicke syrupsartige durchsichtige Masse von rothbrauner Farbe, und nach 3 bis 4tägigem Stehenlassen im Vacuo endlich einen firnifsartigen, spröden, rothbraunen, fast durchsichtigen Körper. Aufgelöst in Alkohol und gesättigt oder übersättigt mit trocknem Ammoniakgas gab er noch, aber nur in sehr geringer Menge, jenen gelben kristallinischen Körper. Die hievon abfiltrirte Flüssigkeit, im Vacuo über Schwefelsäure eingetrocknet, gab eine rothbraune Masse, welche wieder ausgezogen mit Aether, etwas von dem kristallinischen Stoff hinterliefs. Der abfiltrirten rothbraunen ätherischen Lösung wurde Alkohol zugesetzt, und diese Flüssigkeit wieder schwach mit trocknem Ammoniakgas übersättigt. Nun schied sich nichts aus, und auch die durch Eintrocknen dieser Lösung im Vacuo erhaltene Masse hinterliefs bei abermaliger Behandlung mit Aether nichts, vielmehr löste sich Alles zu einer klaren rothbraunen Flüssigkeit auf, welche beim

Eintrocknen im Vacuo über Schwefelsäure jene rothbraune durchsichtige firnifsartige spröde Masse gab. Der so erhaltene Körper schien nun als ein bestimmter Stoff betrachtet werden zu können; ich will ihn hier mit dem Namen: *indifferentes Platinharz* bezeichnen.

Die alkoholische Lösung dieses Stoffs giebt mit Wasser eine Ausscheidung in grofsen Flocken von gelbbrauner Farbe. Er verhält sich vollkommen neutral. Auf Zusatz von Salzsäure wird er etwas dunkler gefärbt, aber ohne Ausscheidung. Eine alkoholische Lösung giebt mit salpetersaurem Silberoxyd sogleich gar nichts; allein beim Stehenlassen scheidet sich in grofser Menge ein graugelber Stoff ab. Bei trockner Destillation einer sehr kleinen Portion gab er bei starker Hitze einen gelben, harzig riechenden Rauch und einen Dampf von saurem erstickendem Geruch. Von Salmiaksublimat liefs sich hier nichts beobachten, der Rückstand war kohlig. In die Weingeistflamme gebracht, verbrannte er mit stark leuchtender, aber zugleich stark rufsender Flamme, und hinterliefs Platin, verhältnifsmäfsig aber nur wenig.

Der geradezu durch Ammoniakgas ausgeschiedene salzartige Körper wurde erstlich mit Alkohol von 93 Proc., dann mit Alkohol von 60 Proc., und endlich mit Alkohol von 98 Proc. ausgewaschen und nun getrocknet. Er hatte jetzt eine rein und gleichförmig gelbe Farbe. Wird die Auswaschung zum Theil mit Wasser vorgenommen, so erhält man zwar erst nur eine ziemlich schwach gefärbte gelbe Flüssigkeit, aber diese beginnt bald in Braun überzugehen, wie auch das Salz dann leicht, beim schnellen Trocknen, einen Stich ins Braune bekommt. Wäscht man mit Alkohol nicht vorsichtig aus, so kann man in der getrockneten Masse deutlich eine Einmengung von einem weifsen salzartigen Körper erkennen, unzweifelhaft Salmiak. Mit starkem Alkohol geht die Abscheidung desselben zwar langsam, aber bei Anwendung des stark verdünnten, mufs man sich zuletzt des sehr starken bedie-

nen, um die, durch Einmengung von Braun sich zeigende Veränderung zu vermeiden. Der Alkohol fährt fort mit gelber Farbe abzulaufen, so dafs das Salz darin nur schwer löslich ist. Ob der eingemengte Salmiak fortgewaschen sey, findet man leicht durch salpetersaures Silberoxyd.

Wenn nämlich die Auswaschung auf angeführte Weise genugsam fortgesetzt worden, erhält man eine stark gefärbte gelbe Lösung des neuen Salzes, worin weder Chlor schlechthin durch Silbersalz, noch Ammoniak durch eine alkoholische Lösung von Platinchlorid nachweisbar ist; denn das Chlorid giebt nicht die geringste Trübung, und das salpetersaure Silberoxyd giebt in gewöhnlicher Temperatur auch nichts, wenigstens nicht in der ersten halben Stunde. Erhitzt man aber diefs Gemenge, so wird es etwas trüb und bräunlich, darauf sehr stark bis zur Undurchsichtigkeit rothbraun, unter gröfserer oder geringerer Ausscheidung eines rothbraunen Körpers. Für sich erwärmt, ja sogar unter stetem Kochen sehr stark eingedampft, hält es sich dagegen vollkommen klar, und nimmt erst bei sehr starker Concentration eine schwache Einmengung von Braun an; und diese eingedampfte Flüssigkeit giebt sowohl mit Platinchlorid als mit salpetersaurm Silberoxyd eine höchst unbedeutende Trübung. Bei Eindampfung auf einem Ofen gab jene Flüssigkeit für sich eine undeutlich kristallisirte, bräunlich gelbe Masse, welche keine bedeutende Zersetzung andeutete.

Setzt man starke Salpetersäure zur Lösung, vor oder nach der Hinzufügung des Silbersalzes, so wird sie durch Gegenwart dieser immer trüber, ganz wie von Chlorsilber; noch schneller und stärker geschieht diefs bei Erwärmung mit Salpetersäure. Setzt man Salpetersäure zu der durch Erwärmung mit salpetersaurem Silberoxyd sehr stark röthlichbraun gefärbten Lösung, so wird sie wieder farblos und giebt sehr reichlich eine Ausscheidung wie von Chlorsilber. — Salzsäure, für sich zur Lösung zersetzt, scheint keine Veränderung zu bewirken. Die

wohl ausgewaschene, getrocknete Salzmasse gab bei trockner Destillation, aber erst bei starker Hitze, ein sehr reichliches, weifses, salzartiges Sublimat (Salmiak) und ein farbloses Destillat, so wie einen kohligen Rückstand, welcher, heifs an die Luft gebracht, zu Platin verbrannte.

Mit Aceton gab das wohl ausgewaschene Salz, selbst beim Kochen, nur eine äufserst schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit. Im nicht ausgewaschenen (also salmiakhaltigen) Zustand nimmt es dagegen das Salz beim Kochen in ziemlich reichlicher Menge zu einer stark gelben Flüssigkeit auf.

Unter andern wegen jenes Verhaltens zum Silbersalz und Platinchlorid, welches andeutet, dafs Chlor und Ammoniak auf die den organischen Stoffen eigne Weise gebunden sind, verdient diefs Salz gewifs noch eine genaue Untersuchung, die ich deshalb und möglichst bald auszuführen gedenke.

Obschon das Aussehen u. s. w. des Salzes, welches sich bei Destillation der von dem ersten Salz durch Filtriren abgeschiedenen Flüssigkeit ausgesondert hatte, glauben lassen könnte, es sey im Wesentlichen eins mit diesem, so ist doch solches nicht der Fall. Denn diefs löste sich vollständig, bei kleinen Portionen, in theils schwachem, theils starkem Alkohol, und selbst der letzte Auszug, welcher nur wenig bräunlich gelb war, und womit so gut wie Alles aufgelöst war, gab mit salpetersaurem Silberoxyd einen reichlichen Niederschlag. Auch nahm das Gemenge beim Erhitzen keine rothbraune Farbe an. Die zu Anfang der Auswaschung erhaltene stark braune Flüssigkeit gab auch einen reichlichen Niederschlag mit salpetersaurem Silberoxyd, nahm aber beim Erwärmen damit, wiewohl schwach, die rothbraune Farbe an.

Der letzte, aus dem stark eindestillirten Filtrat durch Aether ausgeschiedene schwarze, pulverförmige Körper (siehe oben), gab mit Alkohol von 98 Proc., besonders beim Kochen damit, eine stark gefärbte gelblichbraune

Flüssigkeit. Diese Flüssigkeit liefs sich ohne Trübung stark mit Wasser verdünnen, lieferte aber beim Eindampfen eine bräunliche Masse, welche mit Wasser eine braungelbe Lösung und einen schwärzlichen Rückstand gab. Durch Eindampfung der alkoholischen Lösung unter Zusatz von Wasser, bis der Geruch nach Alkohol verschwunden, wurde eine trübe braune Flüssigkeit erhalten, welche beim Filtriren eine klare bräunliche Lösung gab. Bei dieser und auch bei der mehr oder weniger alkoholhaltigen zeigte sich die eigene Erscheinung, dafs sie auf Zusatz von Salzsäure einen röthlichbraunen flockigen Niederschlag gab, der besonders beim Erhitzen nach dem Zusatz, oder bei Erwärmung der Flüssigkeit vor demselben reichlich war; die darüberstehende Flüssigkeit war dann fast farblos. Ganz dasselbe fand beim Zusatz einer wässerigen Kalilösung statt, ohne dafs sich, selbst bei langwierigem Kochen, etwas anderes als jener röthlichbraune flockige Niederschlag zeigte; beim Kochen mit Kali gab die Flüssigkeit nur schwache Spuren von Ammoniak. Mit salpetersaurem Silberoxyd gab sie einigen Niederschlag, welcher beim Kochen zunahm, aber dabei zeigte sich gar nichts von jenem Uebergang ins Rothbraune.

So sind denn also auch durch dieses Verfahren in dem rohen Platinharz, aufser zurückgebliebenem Acechlorplatin und dem in Aceton unlöslichen schwarzen Rückstand, wie es scheint, vier verschiedene Stoffe gefunden.

In dem Destillat der vom zuerst ausgeschiedenen Salz abfiltrirten Flüssigkeit habe ich zwar etwas von dem ölartigen Körper gefunden; aber die Menge desselben war viel zu geringe, als dafs man annehmen konnte, er sey durch das Ammoniak ausgeschieden. Weit richtiger läfst er sich ansehen als herrührend von einer Spur jenes ölartigen Körpers, der zugleich mit dem Aceton erhalten wird, und von dem eine, übrigens unbedeutende Menge

sich leicht in dem selbst sehr sorgfältig gereinigten Präparat befinden kann.

Auch ein acetonischer Auszug des Platinharzes giebt mit Ammoniak einen gelben kristallinischen, salzartigen Niederschlag.

Von dem rohen Platinharz habe ich eine Portion für sich, eine andere mit Kalk und eine dritte mit Kalkhydrat der trocknen Destillation unterworfen. Es war mehrmals mit Wasser ausgezogen und darauf, selbst gepulvert, durch langes Stehen im Vacuo über Kalihydrat und Schwefelsäure getrocknet worden.

Die Erhitzung geschah in einem pneumatischen Destillirapparat im Oelbad. Gegen 200° des Bades zeigten sich Gasentwicklung und Destillat. Nun begann die Masse aufzuschwellen, und bald darauf (bei etwa 230°) nahm sie wohl das 40fache ihres ursprünglichen Volums ein, so daſs ich sie ein Paar Mal mit einem durch den Tubus der Retorte hineingesteckten Platindraht umrühren muſste, um das Uebersteigen zu verhüten. Darauf, bei ungefähr 270°, sank sie wieder. Das Destillat war erst gelblich, dann braun und etwas dickflüssig. Die Gasentwicklung war noch nicht sehr lebhaft. Da diese, so wie die Bildung der Flüssigkeit nur gering war, wurde, bei etwa 300°, über offnem Feuer stärker und stärker erhitzt. Nun wurde die Erzeugung, sowohl von Luft als von Flüssigkeit weit reichlicher. Als die Masse nach einem längere Zeit fortgesetzten heftigen Glühen nur noch äuſserst unbedeutend von sich gab und wieder fest geworden, hielt ich ein.

Die Flüssigkeit roch zum Theil stark nach Salzsäure und schien der bei der trocknen Destillation des Acechlorplatins zu gleichen. Die Masse löste sich leicht vom Glase ab. Sie bestand aus gröſseren und geringeren kohlschwarzen, fettglänzenden Stücken, und glich im Ansehen ziemlich der Steinkohle; sie war hart, aber ziemlich spröde.

Sie wurde nun feingerieben und so in eine Porcellanretorte gebracht, an die eine mit Ableitungsröhre versehene Vorlage angelegt war. Darauf wurde sie einer steigenden Hitze ausgesetzt. Es erschien nun keine Flüssigkeit; aber bei Weifsglühhitze gab die Masse lange ein Gas, welches keine Spur von Salzsäure verrieth, aber etwas nach Kienrufs roch und mit stark leuchtender Flamme verbrannte. Als selbst bei heftiger Weifsglühhitze die Gasentwicklung aufhörte, wurde eingehalten, und als darauf Alles, ohne Zutritt der Luft, erkaltet war, wurde die Masse, die nicht das geringste Zeichen von Schmelzung zeigte, mit Leichtigkeit aus der Retorte gebracht; sie hatte noch ganz das Aussehen wie beim Einlegen.

Zu diesem Versuch waren von dem auf angeführte Weise behandelten Platinharz 10,4975 Grm. angewandt; der gehörig weifsgeglühte Rückstand wog 4,498 Grm. oder 42,85 Procent.

Hierauf wurden 1,198 Grm. desselben im Platintiegel durch lang fortgesetzte Erhitzung an der Luft endlich vollständig verbrannt. Das Gewicht des erhaltenen Platins betrug 0,5465. Diefs giebt für 100 Thl. Platinkohle (wie ich jenen Rückstand nennen will)

Platin	45,618
und wahrscheinlich blofs Kohlenstoff	54,382.

Nun ist

$$\frac{45,618}{1233,26}=0,03699, \qquad \frac{54.382}{76,437}=0,71146$$

und

$$\frac{0,71146}{0,03699}=19,234.$$

Ein anderer Versuch derselben Art gab ein hiemit übereinstimmendes Resultat. Ich bin ziemlich gewifs, dafs dieses Resultat so genau ist, als ein Versuch dieser Art es geben kann. Allein da es ein Gemeng von mehren Stoffen betrifft, und eine wahre chemische Verbindung von 1 At. Platin und 19 At. Kohle nicht viel Wahr-

scheinlichkeit besitzt, so hat jenes quantitative Resultat *nicht* sonderlich viel Interesse. — Beiläufig will ich hier bemerken, daſs jenes Resultat auf 100 Thl. des mit Wasser ausgezogenen und völlig getrockneten Platinharzes nur 19,547 Thl. Platin giebt, so daſs also dieser Körper besonders reich an kohlenstoffhaltiger Materie ist.

Ueber das Verhalten bei Destillation mit Kalkhydrat und Kalk noch Folgendes. Wohl ausgewaschenes und getrocknetes Platinharz wurde, als feines Pulver, genau mit einer ziemlich groſsen Menge Kalkhydrat gemengt, und dieſs Gemenge in einer Retorte mit Vorlage und Ableitungsröhre einer steigenden Wärme ausgesetzt, erst im Oelbade, dann im Sandbade. Zwischen 200 und 300° ging, ohne deutliche Gasentwicklung, ein ziemlich dickflüssiger Körper über, der schwach gelblich und etwas undurchsichtig war, und theils harzig, theils ätherisch roch. Bei Fortsetzung der Destillation mittelst stärkerer Hitze ward das Destillat immer dickflüssiger. Selbst bei starkem Glühen auf dem Sandbade ging noch fortwährend etwas über, aber dieſs ward zuletzt so dick, daſs es nur durch besondere Erwärmung des Retortenhalses zum Herabflieſsen gebracht werden konnte. Es war erst gelblich, ward aber zuletzt bräunlich. Das, was gegen das Ende überging, war bei gewöhnlicher Temperatur fest. Es hatte einen harzigen und terpenthinartigen Geruch. Beide Producte, besonders aber das dickflüssige, gaben beim Verbrennen eine sehr ruſsende Flamme; das dickflüssige konnte nur mittelst eines Dochts angezündet werden.

Eine andere Portion desselben Platinharzes wurde derselben Behandlung mit fein geriebenem ungelöschtem Kalk unterworfen. Die Erscheinungen waren hier im Wesentlichen dieselben. Bei Erhitzung geschah kein Brausen oder Aufblähen der Masse, wenn die Kalkmenge hinlänglich groſs war, und die Hitze nicht zu plötzlich stieg.

Bei darauf folgendem heftigem Glühen des Rückstands im Platintiegel brach, bei jedesmaligem Abheben

des Deckels, eine starke Flamme aus, und die Masse fuhr lange fort zu verbrennen, besonders beim Umrühren. Nach vollständiger Ausziehung mit Salzsäure und Wasser brannte der Rückstand, beim Glühen an der Luft, lange Zeit zunderartig. Zuletzt blieb Platin zurück, aber verhältnifsmäfsig wenig.

In Betracht, dafs das Platinharz durch die Behandlung mit Wasser, zur Abscheidung unter andern der Säure und des Acetons, sicher eine, wenn auch nur geringe, Zersetzung erleide, und selbst die langwierige Ausziehung mit Alkohol möglicherweise eine Veränderung der ursprünglich erzeugten Stoffe bewirken könne, habe ich ein drittes Verfahren versucht, um jene Stoffe oder bestimmte Verbindungen derselben gesondert darzustellen.

Nachdem nämlich auf oben angeführte Weise in gewöhnlicher Temperatur und darauf nach gehöriger Eindestillirung das Acechlorplatin abgeschieden worden, destillirte ich die abfiltrirte und bei den ersten Auswaschungen mit Aceton erhaltene schwarzbraune Lösung zur vollen Trockenheit ein. Darauf zog ich die Masse mit Aceton in kleine Portionen kalt aus. Ich erhielt dabei zuletzt eine gelbliche grauschwarze Masse, von der ich durch Kochen mit Aceton eine Lösung erhielt, welche bei fortgesetzter zweckmäfsiger Behandlung eine neue Portion Acechlorplatin gab [1]). Die durch Ausziehung mit kaltem Aceton erhaltene Lösung destillirte ich wieder zur Trockne ein und wiederholte die Ausziehung mit kaltem und darauf mit siedendem Aceton. Zuweilen erhielt ich hiebei noch eine kleine Portion Acechlorplatin. Den durch kaltes Aceton erhaltenen Auszug trocknete ich wiederum durch Destillation ein und behandelte die eingetrocknete Masse wieder wie zuvor. Nun wurde gewöhnlich durch Auskochung des im kalten Aceton Unlöslichen nicht weiter

1) Aus jener blofs mehr oder weniger eindestillirten Auflösung kristallisirt gewöhnlich etwas Acechlorplatin.

Acechlorplatin erhalten; und bei neuer Eindestillirung ist das Destillat, welches das erste Mal sehr säuerlich war, nur wenig sauer. Zum vollständigen Aufhören der sauren Reaction des Destillats würden noch viele Eintrocknungen durch Destillation mit neuen Portionen Aceton erforderlich gewesen seyn. Um diesen Theil der Arbeit abzukürzen, unterwarf ich daher, wenn jener Punkt erreicht war, die eingetrocknete Masse (durch Einrühung u. s. w.) einer sorgfältigen Ausziehung mit einem Paar Portionen Aether, welche nun bald nur eine ziemlich schwach gefärbte und säurefreie Flüssigkeit gaben. Nach vollständiger Abscheidung des Aethers durch Stellen der Masse in ein Vacuum über Schwefelsäure zog ich sie wieder mit kaltem Aceton aus, wobei nun (wahrscheinlich in Folge der durch den Aether vollständig abgeschiedenen Säure) eine schwarze Masse zurückblieb. Der Auszug wurde nun wieder zur Trockne eindestillirt, wobei er gewöhnlich ein säurefreies Destillat lieferte.

Von dem so behandelten Platinharz zog sowohl Aether als Alkohol, besonders der letztere, eine nicht unbedeutende Menge aus, aber beide nahmen doch weit deutlicher als sonst eine nur sehr schwache Farbe an, und die alkoholische Lösung röthete Lackmus nicht, auch gab sie nicht (selbst nicht die ersten stark gefärbten Portionen) mit Wasser eine sauer reagirende Flüssigkeit. Auch mufs bemerkt werden, dafs dieser alkoholische Auszug bei Destillation eine Flüssigkeit gab, die nicht im Mindesten die Gegenwart von Salzäther verrieth, welches dagegen bei dem aus zuvor mit Wasser behandelten Harz der Fall war. Sowohl der alkoholische als der acetonische Auszug giebt wie früher mit Ammoniakgas den gelben salzartigen Niederschlag.

Wie angedeutet, hoffe ich durch eine ähnliche Untersuchung der Stoffe, die durch Ammoniak, sowohl aus dem alkoholischen wie aus dem acetonischen (theils allein, theils nach der Ausziehung mit Alkohol benutzten)

Auszug des Platinharzes erhalten werden können, näheren Aufschlufs über das zweite Hauptprodukt der Wirkung zwischen Platinchlorid und Aceton zu erlangen; allein da eine andere Reihe von Versuchen mich eine Zeit lang von diesem Gegenstand abhalten wird, so habe ich nicht länger verschieben wollen, diesen, wie ich selbst übrigens sehr wohl fühle, ziemlich unvollständigen Bericht darüber zu geben.

VI. *Ueber das kristallisirte Pfeffermünzöl; von Philipp Walter.*

(Mitgetheilt vom Verfasser aus einer der Par. Acad. am 8. Januar 1839 überreichten Abhandlung.)

Der von mir untersuchte kristallisirte Körper hatte sich in einer Flasche abgesetzt, welche das letzte Drittel des Rectificats einer sehr bedeutenden Menge vom flüssigen amerikanischen Pfeffermünzöl enthielt.

Diefs kristallisirte Oel stellt farblose Prismen dar, von dem der Pfeffermünze eigenthümlichen Geschmack und Geruch. Es ist wenig löslich in Wasser, löslicher in Terpenthinöl, sehr löslich aber, selbst kalt, in Holzgeist, Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff. Es schmilzt bei 34° C. und siedet, unter $0^m,76$, bei 213°5 C. Durch fortgesetztes Sieden verändert es sich ein wenig und wird bräunlich. Es brennt mit wenig rufsender Flamme. Kalium oxydirt sich allmälig darin; mit Hülfe der Wärme wird die Masse breiig; dann mit Wasser behandelt, trennt sie sich in zwei Schichten, eine, bestehend aus einer roth gefärbten Lösung von Aetzkali, und eine andere, wahrscheinlich ein Gemeng vom Oel und einem eigenthümlichen Kohlenwasserstoff, den ich weiterhin beschreiben werde. Aetzkali hat keinen Einflufs. Brom reagirt mit Heftigkeit; es entwickeln sich Dämpfe von Bromwasser-

stoffsäure, und es entsteht eine Verbindung von sehr schön rother Farbe. Jod reagirt sehr schwach.

Das rohe kristallisirte Oel oder das mit Alkohol umkristallisirte Oel, zwischen Fliefspapier ausgedrückt, hält etwas Feuchtigkeit zurück, die auf das Resultat der Analyse einwirkt. Bevor man es analysirt, ist daher eine Destillation erforderlich. Eine blofse Destillation ist hinreichend, wenn man die ersten übergehenden Portionen für sich auffängt; der Rest ist dann frei von aller Feuchtigkeit.

Hier die Resultate meiner Analysen, die mit denen des Hrn. Dumas und der HH. Blanchet und Sell vollkommen übereinstimmen:

	I	II	III	IV	V	VI
Oel	0,285;	0,3415:	0,214;	0,331;	0,3225;	0,307
CO_2	0,786;	0,948;		0,9225;	0,9055;	0,852
H_2O		0,387;	0,246;		0,373;	0,345

Diese Resultate geben in 100:

	I	II	III	IV	V	VI
C	77,51	77,10		77,38	77,68	77,1
H		12,58	12,7		12,83	12,52
O	10,11	10,42	10,11	10,11	9,49	10,4

Diesen entspricht die rationelle Formel $C_{20}H_{40}O_2$

C_{20}	1530,40	77,27
H_{40}	250,00	12,61
O_2	200,00	10,11

Die Dichtigkeit des Dampfs wurde nach Hrn. Dumas's Methode bestimmt. Der Rückstand im Ballon war schwach gebräunt, doch hatte diefs keinen merklichen Einflufs auf das Resultat.

Hier die Data: Gewichtsüberschufs des dampfvollen über den luftvollen Ballon =0,773 Grm. — Volum des Ballon 306 C.C. — Wahre Temperatur des Bades =

$245^{\circ},5$ C; — Temperatur der Atmosphäre $= 11^{\circ}$ C; — Druck $= 0^{m},742$; — Luftrückstand $= 0$.

Dichte des Dampfs $= 5,62$.

Aus den vorhergehenden Analysen würde man haben:

$$
\begin{aligned}
C_{20} &= 16,8640 \\
H_{40} &= \ \ 2,7520 \\
O_{2} &= \ \ 2,2050 \\
\hline
& 21,8412 = 4 \times 5,455
\end{aligned}
$$

Ein Aequivalent vom festen Pfeffermünzöl enthält demnach vier Volume Dampf; eine Verdichtungsweise, die bei organischen Körpern am häufigsten ist.

Wirkung der wasserfreien Phosphorsäure. — Menthen.

Menthen nenne ich einen Kohlenwasserstoff, der das Radical des kristallisirten Pfeffermünzöls ist. Man erhält es am besten durch Einwirkung der wasserfreien Phosphorsäure auf das letztere. Zu dem Ende schmolz man dieses in einer tubulirten Retorte und fügte die Phosphorsäure in kleinen Portionen hinzu, so lange bis alle Temperatur-Erhöhung aufgehört hatte. Die Flüssigkeit trennt sich in zwei Schichten, oben auf eine bluthrothe, sehr bewegliche, unten eine dicke, sehr dunkelrothe. Das Ganze ward der Destillation unterworfen. Es ging eine farblose Flüssigkeit über, und der Rückstand bestand aus Phosphorsäure, die eine glänzend schwarze Farbe angenommen. Das farblose Destillat ward abermals mit wasserfreier Phosphorsäure behandelt und dann destillirt. Dieselbe Operation wurde ein drittes Mal wiederholt.

Das flüssige Destillat ist klar, durchsichtig, sehr flüssig, angenehm und ganz eigenthümlich riechend, frisch schmeckend. Alkohol und Aether, in kleinen Portionen hinzugefügt, bewirken eine Trübung, die aber bei weiterem Zusatz des Lösemittels wieder verschwindet. Es ist sehr löslich in Terpenthinöl, weniger in Holzgeist, gar nicht in Wasser. Kalium wirkt nicht darauf, nimmt bloſs auf

blofs auf der Oberfläche mehr Silberglanz an. Es brennt mit heller, rufsender Flamme. Es schmilzt, unter 0m,76 Druck, bei 163° C, und hat bei 21° C das spec. Gew. =0,851. Schwefelsäure wirkt in der Kälte nicht darauf; Salpetersäure und Chlor üben eigenthümliche Reactionen aus, von denen weiterhin mehr. Flüssige Chlorwasserstoffsäure färbt sich in der Kälte schwach gelb; damit gekocht wird sie roth; je reiner aber das Menthen ist, desto weniger tritt die Färbung hervor, daher sie wahrscheinlich nur von Spuren anhängenden Pfeffermünzöls herrührt. Brom giebt durch seine Reaction eine prachtvolle lillarothe Farbe. Jod giebt eine röthe Färbung; erhitzt man es damit, so entweicht eine kaum auf das Lackmuspapier wirkende Säure und die Flüssigkeit nimmt eine schmutzig grüne Farbe an.

Die Analyse gab folgende Resultate.

	I	II	III
Menthen	0,2895	0,312	0,372
Kohlensäure	0,918	0,987	1,178
Wasser	0,339	0,361	0,426

Hiernach sind in 100 Menthen

	I	II	III
Kohlenstoff	87,74	87,53	87,59
Wasserstoff	12,99	12,85	12,71

übereinstimmend mit der Formel $C_{20}H_{36}$, welche giebt:

C_{20}	1530,40	87,18
H_{36}	225,00	12,32

Ich bestimmte zwei Mal die Dichtigkeit des Menthendampfs. In beiden Versuchen war der Rückstand im Ballon ein wenig bräunlich, und diefs erklärt den geringen Unterschied zwischen dem Resultat der Formel und dem gefundenen Resultat, welches folgendes ist:

	I	II
Gewichtsüberschuſs d. Dampfs	0,769 Grm.	0,831 Grm.
Volum des Ballons	340 C.C.	332 C.C.
Temperatur des Bades	198° C.	191°,5 C.
» der Luft	13° C.	13°,5 C.
Druck	0m,762	0m,753
Luftrückstand bei 13° C	14 C. C.	
Dichtigkeit	4,93	4,95

Nach der angenommenen Formel hätte man:

$$\begin{array}{ll} C_{20} & 16{,}8640 \\ H_{36} & \underline{\ 2{,}4768} \\ & 19{,}3408 = 4 \times 4{,}835. \end{array}$$

Ein Aequivalent Menthen enthält demnach vier Volume Dampf. Die Phosphorsäure wirkt demnach so auf das Pfeffermünzöl, daſs sie ihm zwei Aequivalente Wasser entzieht und Menthen in Freiheit setzt. Man hat also das kristallisirte Pfeffermünzöl auszudrücken durch die Formel $C_{20}H_{36} + H_4O_2$.

Wirkung der concentrirten Schwefelsäure.

Rührt man ein Theil des kristallisirten Oels mit 2 Thl. gewöhnlicher Schwefelsäure kalt an, so erhält man eine halbflüssige Substanz von schön blutrother Farbe. Die stattfindende Reaction ist sehr schwach, so zu sagen, Null, weil man, wenn man die Säure durch ein Alkali sättigt, fast die ganze Menge des Oels wiedererhält. Anders verhält es sich, wenn man Wärme anwendet. In der That erhitzt man das Ganze über offnem Feuer, so tritt eine vollständige Zersetzung ein; es entwickeln sich reichlich Dämpfe von schwefliger Säure und es hinterbleibt eine stark verkohlte Masse. Eine mäſsige Wärme, die eines Wasserbades, wirkt aber ganz anders. Dann, sondert sich jene halbflüssige Substanz in zwei Flüssigkeiten, obenauf eine leichte, durchsichtige, unten eine dicke, stark rothe

Beide habe ich sorgfältiger untersucht. Die erstere behandelte ich wieder mit concentrirter Schwefelsäure, erstlich nochmals im Wasserbade, dann in der Kälte, so lange die Schwefelsäure sich färbte. Nach 6 bis 7 Behandlungen erhielt ich eine durchsichtige, bewegliche, farblose Flüssigkeit, auf welche die Schwefelsäure nicht mehr einwirkte.

Diese Flüssigkeit, mit Wasser gewaschen und darauf, zur Entfernung aller etwa anhängenden Spuren von Schwefelsäure und Flüssigkeit, über Stücken von Aetzkali stehen gelassen, gab bei der Analyse von

0,268 Substanz: 0,848 Kohlens., 0,324 Wasser,

also in 100:

86,2 Kohlenstoff und 13,4 Wasserstoff.

Es war also offenbar Menthen. Seine Geruchlosigkeit und geringere Beweglichkeit liefsen mich hier anfangs eine Isomerie vermuthen; allein nach mehr wöchentlichem Stehen über Aetzkali hatte die Flüssigkeit ihren eigenthümlichen Geruch wieder angenommen, und es waren also, was mir sehr merkwürdig scheint, die darin vorhandenen Spuren von Feuchtigkeit, die seinen Geruch versteckt hatten.

Die Analyse der zu zwei verschiedenen Malen bereiteten Substanz gab:

	I	II		In hundert: I	II
Substanz	0,245	0,2725			
Kohlens.	0,781	0,8625;	C	88,2	87,5
Wasser	0,288	0,325;	H	13,0	13,2.

Die andere Flüssigkeit, die dicke und rothe, mufste meine ganze Aufmerksamkeit erregen; denn in ihr hatte ich die Verbindung des Menthen-Monohydrats mit Schwefelsäure, die Menthenschwefelsäure zu suchen, deren Existenz über die Natur des Pfeffermünzöls entscheiden mufste. Ich sättigte daher diese saure Flüssigkeit durch verschie-

dene Basen, in der Absicht, Salze zu bekommen, die mir Gewifsheit über das Daseyn dieser Säure gaben; allein, wie ich auch verfahren mochte, so gelang diefs doch nicht. Ich glaube ein Abrifs von diesen Versuchen wird nicht ganz ohne Interesse seyn.

Um das Kalisalz zu bereiten, sättigte ich die rothe Flüssigkeit durch eine verdünnte Aetzkalilösung, und setzte darauf Alkohol hinzu, der das schwefelsaure Kali fällte. Nach Abfiltration desselben, setzte die Flüssigkeit bei freiwilliger Verdunstung erst etwas schwefelsaures Kali ab, dann eine ölige Substanz, und zuletzt ein glänzend aussehendes Salz, das sich in Alkohol zum Theil, und in Wasser gänzlich löste. Nach Trocknung im Vacuo analysirt, gab es auf

0,228 Substanz: 0,309 Kohlens. und 0,14 Wasser,

oder in 100:

Kohlenstoff 37,5, Wasserstoff 6,8.

Diefs Resultat stimmt weder mit der berechneten Formel eines menthenschwefelsauren Kalis, noch mit der Formel für eine Verbindung von Menthen, Schwefelsäure und schwefelsaurem Kali zu gleichen Aequivalenten, eine Formel, die ihr Analogon in der kürzlich von Kane angekündigten Verbindung von Terpenthinöl, Schwefelsäure und schwefelsaurem Kalk finden würde.

Da diese Bereitungsweise nicht gelang, so wählte ich eine andere. Ich sättigte die rothe saure Flüssigkeit durch eine alkoholische Aetzkalilösung, filtrirte das schwefelsaure Kali ab und vermischte die Flüssigkeit mit Aether. Hiedurch schied sich wieder ein wenig schwefelsaures Kali ab, dann ein öliger Körper und endlich ein Salz in glimmernden Schüppchen, welches in Wasser löslich war, bei Erhitzung mit einem Rückstand verbrannte, kurz alle Eigenschaften des weinschwefelsauren Kali hatte, was sich auch durch eine Analyse bestätigte.

Es bleibt mir noch den öligen Körper zu untersu-

chen. Dieser hätte wohl Menthen-Monohydrat seyn können, abgeschieden vielleicht in den beiden obigen Fällen aus einer wenig stabilen Verbindung, die es mit Schwefelsäure und schwefelsaurem Kali gebildet hätte. Ich wusch ihn erst mit etwas Wasser, behandelte ihn darauf mit Aether, welcher ihn sehr reichlich löste, erhitzte ihn dann, zur Vertreibung allen Aethers im Wasserbade, und trocknete ihn im Vacuo. Dann analysirt, gaben

0,182 Substanz: 0,535 Kohlens. und 0,182 Wasser, oder 100 Theile

81,3 Kohlenstoff und 11,1 Wasserstoff.

Die Formel für das Menthen-Monohydrat würde geben:

C_{20} . . .	1530,40 . .	81,9
H_{38} . . .	237,50 . .	12,5
O . . .	100,00 . .	5,6,

eine Zusammensetzung, die weit von der des eben erwähnten Körpers abweicht. Durch Sättigung der rothen sauren Flüssigkeit bald mit Carbonaten von Kalk, Baryt und Blei, bald mit Baryt- oder Kalkwasser, erhielt ich klare Flüssigkeiten, in deren Verdampfungsrückständen sich zwar organische Substanzen nachweisen liefsen, allein diese Rückstände betrugen zu wenig, als dafs es möglich gewesen wäre, sie einer Untersuchung zu unterwerfen. Der Rückstand in der Retorte bei der Bereitung des Menthens durch wasserfreie Phosphorsäure, in Wasser aufgelöst und bald mit Aetzbaryt, bald mit kohlensaurem Blei gesättigt, hat mir nichts gezeigt, woraus auf das Daseyn von menthenphosphorsauren Salzen dieser Basen zu schliefsen gewesen wäre.

Wirkung des Phosphorchlorids. — Chloromenthen.

Schmilzt man kristallisirtes Pfeffermünzöl und schüttet Phosphorchlorid in kleinen Stücken hinein, so findet eine sehr lebhafte Reaction statt. Es entweichen viele

chlorwasserstoffsaure Dämpfe, das Gemenge erhitzt sich stark, und wird anfangs blau, dann rosenfarben und zuletzt dunkelroth. Man fuhr fort so lange Stücke von Phosphorchlorid hinzuzusetzen, als noch eine Reaction stattfand, und destillirte endlich das Gemeng über etwas Phosphorchlorid, das in Ueberschuſs zugesetzt worden. Dabei erschien erst eine klare Flüssigkeit, Phosphorchlorür, daneben Phosphorchlorid, und zuletzt zeigte sich ein schwach bernsteinfarbener Körper, der sich in der Vorlage verdichtete. In der Retorte blieb eine sehr geringe Menge einer gelblichen syrupsartigen Flüssigkeit, die erst bei weit höherer Temperatur überging und einen Rückstand von Phosphorsäure in Form einer kohligen Masse zurücklieſs. Dieſs Gemenge von verschiedenen Produkten wurde nach und nach in viel kalten Wassers gegossen und damit stark geschüttelt. Dann schied sich auf der Oberfläche des Wassers ein gelber öliger Körper aus, der abgesondert und über einige Stücke Phosphorchlorid abgezogen wurde. Das Destillat wurde abermals mit Wasser behandelt, dann mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gewaschen, auf Stücken von geschmolzenem Chlorcalcium stehen gelassen und ins Vacuum gebracht. So zubereitet, gab dieſs Erzeugniſs bei der Analyse folgende Resultate:

	I	II	III	IV
Substanz	0,3514	0,4265	0,459	0,268
Kohlensäure	0,896	1,063	1,165	0,678
Wasser	0,325	0,4	0,437	0,256

0,3545 Grm. derselben Substanz, durch glühenden Kalk zersetzt, gaben 0,3 Grm. Chlorsilber.

In Hundert ergiebt sich hieraus

	I	II	III	IV	V
Kohlenstoff	70,55	68,96	70,22	69,9	
Wasserstoff	10,26	10,4	10,56	10,6	
Chlor					20,87

Diese Resultate stimmen gar nicht mit der Zusammensetzung eines chlorwasserstoffsauren Menthen, dagegen besser mit der eines Menthenchlorids oder der eines Chloromenthen, d. h. eines Menthens, in welchem 2 Aeq. Wasserstoff durch 2 Aeq. Chlor ersetzt sind, wie aus Folgendem erhellt:

Chlorwasserstoff-Menthen		Menthen-chlorid		Chlor-menthen	
C_{20}	69,26	C_{20}	69,6	C_{20}	69,91
H_{38}	10,72	H_{36}	10,3	H_{34}	9,77
Cl_2	20,02	Cl_2	20,1	Cl_2	20,32

Da man bei der Analyse eines chlorhaltigen Körpers gewöhnlich zu viel Wasserstoff bekommt, und da ich alle Ursache hatte zu glauben, dafs die Substanz einige Spuren von Pfeffermünzöl, die der Einwirkung des Phosphorchlorids entgangen, beigemengt enthielt, so wurde, um über diese drei Formeln zu entscheiden, eine neue Portion der Substanz mit aller Sorgfalt zur Verhütung jener Einmengung bereitet, nämlich die Rectificationen derselben über Phosphorchlorid noch ein drittes Mal wiederholt.

Dann gaben

0,24 Substanz: 0,608 Kohlens. und 0,214 Wasser, oder in 100

70,09 Kohlenstoff und 9,89 Wasserstoff.

Nach diesem Resultat ist die Substanz Chloromenthen, was auch durch die Eigenschaften derselben bestätigt wird, die folgende sind.

Sie ist sehr blafsgelb, leichter als Wasser, schwerer als Alkohol, riecht eigenthümlich aromatisch, an Muskatnufsblüthen erinnernd, schmeckt frisch, wenig löslich in Wasser, löslich in Holzgeist und Alkohol, sehr löslich in Aether und Terpenthinöl. Kalium bedeckt sich darin in der Kälte mit einer braunen Kruste, in der Wärme zersetzt es sie aber mit Heftigkeit unter Bildung von Chlor-

kalium. Concentrirte Schwefelsäure färbt sie in der Kälte blutroth. Entzündet brennt sie mit rufsender, grün umsäumter Flamme. Sie siedet bei etwa 204° C., fängt aber dabei an sich zu zersetzen und zu schwärzen, und je länger man das Sieden fortsetzt, desto höher steigt der Siedpunkt; sie verkohlt sich dabei unter Entwicklung von Chlorwasserstoffsäure. Eine sehr concentrirte alkoholische Lösung von Aetzkali ist ohne Wirkung auf sie, selbst beim Sieden; sie bräunt sich schwach. Ein sehr lange mit Aetzkali behandeltes Chloromenthen gab folgendes Resultat:

0,2645 Chloromenth.: 0,672 Kohlens. u. 0,243 Wasser,

oder in 100:

70,35 Kohlenstoff und 10,20 Wasserstoff.

Das Chloromenthen wird also durch ätzendes Kali, ein in der Regel so mächtig einwirkendes Reagens, nicht im Mindesten verändert.

Ich glaube hieraus schliefsen zu können, dafs Menthen und Chloromenthen zwei Körper von gleichem Typus sind, die zu einander in gleichen Verhältnissen stehen, wie ölbildendes Gas und chlor-ölbildendes Gas, oder besser wie Essigsäure und Chloressigsäure.

Wirkung des Chlors.

Die Wirkung des Chlors auf das starre Pfeffermünzöl ist merkwürdig, hauptsächlich darum, weil sie Verbindungen giebt, deren Zusammensetzung sich durch die Substitutionsgesetze erklärt. Es entstehen dabei verschiedene Producte, je nachdem man dabei das Chlor im Dunkeln oder im Sonnenschein wirken läfst. Die Producte bieten übrigens in ihren physischen Eigenschaften nichts Ungewöhnliches dar. Das eine ist flüssig, das andere schmierig; indefs ist ihre Zusammensetzung nicht ohne Interesse. Leitet man einen Strom von gewaschenem und getrocknetem Chlor durch zuvor geschmolzenes Pfeffermünzöl, so wird dieses augenblicklich angegriffen; es entweicht

Chlorwasserstoffgas, und das Oel wird, wie farblos es auch war, hellgelb. Ich liefs so lange Chlor einströmen, als sich noch Chlorwasserstoff entwickelte, und bis nur Chlorgas entwich, erhitzte nun das Product, um das überschüssige Chlor möglichst auszutreiben, wusch es dann mehrmals mit Wasser und zuletzt mit kohlensaurem Natron. Nach diesen Waschungen wurde es abermals einem Chlorstrom ausgesetzt, mit Wasser und mit kohlensaurem Natron gewaschen, auf geschmolzenem Chlorcalcium stehengelassen und ins Vacuum gebracht.

Die verschiedenen Präparate geben bei der Analyse folgende Resultate:

	I	II	III
Substanz	0,388	0,3366	0,3865
Kohlenstoff	0,7	0,612	0,691
Wasser	0,22	0,214	0,218

0,365 Grm. derselben Substanz, durch glühenden Kalk zersetzt, gaben 0,557 Chlorsilber:

	I	II	III	IV
Kohlenstoff	49,92	50,3	49,4	
Wasserstoff	6,29	7,05	6,26	
Sauerstoff				
Chlor				37,6

Diese Zusammensetzung stimmt ziemlich gut mit der Formel:

20 C	1530	50,4
31 H	193	6,3
2 O	200	6,8
5 Cl	1106	36,5

Die Abweichung der Analyse von dieser Formel rührt hauptsächlich von ein wenig Chlorwasserstoffsäure her, die dem Product anhängt und schwer abzutrennen ist.

Bei der Einwirkung auf das Pfeffermünzöl raubt also das Chlor demselben vier Aequivalente Wasserstoff, die

aufserhalb des Radicals befindlichen, ohne sie zu ersetzen, und fünf Aequivalente im Radical, für welche es eintritt.

Diefs Product ist eine intensiv gelbe Flüssigkeit, dichter als Wasser, von eigenthümlichem Geruch, von anfangs frischem, darauf bitterem, die Kehle stark reizendem Geschmack; kalt löslich in Alkohol, Holzgeist, Aether, Terpenthinöl, wenig löslich in Wasser und einer Lösung von kohlensaurem Natron; durch concentrirte Schwefelsäure wird es augenblicklich roth gefärbt; brennt, angezündet, mit rufsender, grün umsäumter Flamme; zersetzt sich bei Erhitzung unter Entwicklung von vielem Chlorwasserstoffgas und unter Zurücklassung von Kohle.

Diefs Product, auf welches ein Strom von Chlor, selbst lange unterhalten, keine Wirkung mehr ausübt, ändert seine Natur, wenn man es in einer grofsen, mit trocknem Chlor gefüllten Flasche, dem Sonnenschein aussetzt. Es verliert dann eine neue Menge Wasserstoff, ändert die Farbe, wird schmierig und dickflüssig. Gereinigt auf dieselbe Weise wie das frühere Product, lieferte es bei der Analyse folgende Data:

	I	II
Substanz	0,321	0,3485
Kohlensäure	0,411	0,445
Wasser	0,112	0,122

Durch glühenden Kalk zersetzt, gaben

0,17 Grm. Substanz:	0,384	Chlorsilber
0,283 » »	0,643	«

Hieraus ergiebt sich für die Zusammensetzung in 100;

	I	II	III	IV
Kohlenstoff	35,42	35,33		
Wasserstoff	3,87	3,88		
Chlor			57,7	56,0

welche zu folgender Formel führt:

20C	. .	1530	. .	35,4
25H	. .	156	. .	3,6
11Cl	. .	2434	. .	56,3
2O	. .	200	. .	4,6

Das Product $C_{20}\,H_{31}\,Cl_5\,O_2$ hat also durch gleichzeitige Einwirkung des Chlors und der Sonnenstrahlen noch sechs Aeq. Wasserstoff verloren, die durch sechs Aeq. Chlor ersetzt sind.

Diefs Product unterscheidet sich von dem vorhergehenden hauptsächlich dadurch, dafs es klebrig ist. Es hat eine gelbgraue Farbe, ist kalt wenig in Alkohol löslich, färbt sich durch conc. Schwefelsäure erst nach langer Zeit.

Wirkung der Salpetersäure auf das Menthen.

In der Kälte erleidet das Menthen keine Einwirkung von der Salpetersäure; erhitzt man aber das Gemeng, so tritt ein Zeitpunkt ein, wo die Reaction mit ungemeiner Heftigkeit beginnt und von selbst fortfährt. Dabei nimmt das Menthen eine grüne Farbe an und es entwickeln sich viele rothe Dämpfe, die, in Kalkwasser geleitet, einen reichlichen Niederschlag von kohlensaurem Kalk geben, also mit Kohlensäure gemengt sind. Nach und nach verwandelt sich das Menthen in eine rothe, ölig aussehende Substanz, die auf der Säure schwimmt. In Verauf der Reaction sinkt sie zu Boden, und verschwindet larauf, mit der Salpetersäure nur ein Ganzes bildend. Die Behandlung mit Salpetersäure wurde so lange fortgesetzt, ils sich noch rothe Dämpfe entwickelten. Zuletzt ging lie Reaction nur äufserst schwierig von statten, und selbst 10 bis 15 Behandlungen mit Salpetersäure reichten zuweien nicht hin, sie gänzlich zu beenden. Oft bemerkte man lie Bildung eines weifsen Körpers, aber in so unbedeuender Menge, dafs es mir unmöglich war, ihn zu untersuchen. Die erhaltene Flüssigkeit wurde, zur Absondeung der eben erwähnten Flocken zuvörderst in Wasser elöst, und die eingeengte Lösung mehrmals mit Alko-

hol behandelt, um alle Salpetersäure zu zerstören. Die so behandelte Flüssigkeit wurde wieder in Wasser gelöst, um einen öligen unlöslichen Körper abzusondern, und dann ins Vacuum gebracht. Nun analysirt gab sie folgende Resultate:

	I	II	III
Substanz	0,374	0,3815	0,306
Kohlensäure	0,582	0,597	0,485
Wasser	0,222	0,227	

woraus in 100:

	I	II	III
Kohlenstoff	43,05	43,2	43,8
Wasserstoff	6,50	6,6	
Sauerstoff	50,45	50,2	

entsprechend der Formel

10 C	765,2	43,03
18 H	112,5	6,3
9 O	900,0	50,67

Bei Einwirkung auf das Menthen hat also die Salpetersäure demselben 10 Aeq. Kohlenstoff, im Zustand von Kohlensäure, entrissen, so wie 18 Aeq. Wasserstoff, die durch 9 Aeq. Sauerstoff ersetzt wurden.

Die Abwesenheit von Stickstoff geht daraus hervor, daſs ich durch Kochen dieser Flüssigkeit mit Aetzkali, Abdampfen zur Trockne und Zersetzen der trocknen Masse durch Wärme kein Ammoniak nachweisen konnte. Späterhin habe ich mehrmals versucht diese Säure zu bereiten, aber kein Product erhalten können, was die eben angegebene Zusammensetzung besessen hätte. Die Producte enthielten immer 3 bis 4 Proc. Kohlenstoff mehr, als die Formel giebt. Kann seyn, daſs dieſs negative Resultat von der Reinigungsmethode herrührt, die mir mangelhaft scheint; allein, mit sehr kleinen Mengen zu

arbeiten genöthigt, war es mir unmöglich etwas an dem Verfahren zu ändern.

Ich versuchte noch, Bleisalze darzustellen und zu zerlegen; allein die Resultate scheinen mir zu bedenklich, als dafs ich wagen sollte, sie hier mitzutheilen. Doch sey es mir erlaubt zu sagen, dafs sie mir der für die isolirte Säure gegebenen Formel nicht ungünstig zu seyn schienen.

Diese Säure stellt einen öligen Körper von gelber Farbe dar, ist löslich in Wasser und Alkohol, und nicht ohne Zersetzung flüchtig. Sie erfordert übrigens ein tieferes Studium, da ich sie in zu geringer Menge besafs, als dafs ich die Versuche hätte so vervielfachen können, wie ich wohl wünschte.

Wenn übrigens das flüssige Pfeffermünzöl dieselbe Zusammensetzung hat wie das kristallisirte, was nach Hrn. Kane's Beobachtungen wahrscheinlich ist, so wird es leicht seyn, das Menthen in gröfserer Menge zu bereiten, und diese Säure fernerweitig zu untersuchen.

Wirkung des Chlors auf das Menthen.

Leitet man einen Strom von gewaschenem und getrocknetem Chlor in Menthen, so greift er dieses lebhaft an; es entwickelt sich Wärme und viel Chlorwasserstoffsäure, das Menthen färbt sich grün, bei fortdauernder Wirkung immer dunkler, und zuletzt wird es gelb. Wenn die Bildung von Chlorwasserstoffsäure aufhört und nur noch Chlor entweicht, nimmt man die Flüssigkeit ab, wäscht sie, anfangs mit Wasser, dann mit kohlensaurem Natron, giefst sie dann auf einige Stücke geschmolzenen Chlorcalciums und stellt sie ins Vacuum. Sie ist dann eine syrupartige Flüssigkeit, gelb an Farbe, dichter als Wasser, kalt in Alkohol und Holzgeist löslich, noch löslicher aber in Aether und Terpenthinöl. Sie brennt mit rufsender, grün gesäumter Flamme. Mit concentrirter Schwefelsäure geschüttelt, färbt sie sich intensiv roth.

Diese Substanz, von zwei verschiedenen Bereitungen analysirt gab folgende Resultate:

	I	II
Substanz	0,311	0,3665
Kohlensäure	0,441	0,509
Wasser	0,136	0,15

0,282 derselben, durch glühenden Kalk zerlegt, geben 0,653 Chlorsilber. Daraus hat man:

	I	II	III
Kohlenstoff	39,2	38,4	
Wasserstoff	4,8	4,5	
Chlor			57,1

was zu der rationellen Formel führt:

20 C	1539	39,18
26 H	162	4,14
10 Cl	2213	56,67

Bei dieser Reaction hat also das Menthen 10 Aeq. Wasserstoff verloren, die durch 10 Aequivalente Chlor ersetzt sind.

Das Verhalten der Chlorwasserstoffsäure gegen das kristallisirte Pfeffermünzöl hat nichts Merkwürdiges. Leitet man einen Strom des Gases in dieses Oel, so absorbirt letzteres eine gewisse Menge, wird schmierig und nimmt eine Farbe an, die beim Durchsehen blutroth, beim Daraufsehen braunschwarz ist. Behandelt man diefs Product mit Wasser, so zerfällt es in flüssige Chlorwasserstoffsäure, die den Boden des Gefäfses einnimmt, und in unverändertes, nur etwas roth gefärbtes Pfeffermünzöl, das obenauf schwimmt. — Salpetersäure färbt das Pfeffermünzöl in der Kälte blutroth, ohne dafs man Bildung eines Gases bemerken könnte; allein erhitzt man die Flüssigkeit bis zu einem gewissen Punkt, so entweichen ro-

the Dämpfe, gemengt mit Kohlensäure, weshalb sie Kalkwasser trüben. Aus dieser Reaction entspringt eine eigenthümliche Säure, die, gereinigt wie die Säure von der Wirkung der Salpetersäure auf das Menthen, bei der Analyse nichts hinreichend Bestimmtes darbot, als daſs ich hier von ihr sprechen könnte. Mit Kali bildet sie ein lösliches, mit Silberoxyd ein im Sonnenlicht sich sehr schnell veränderndes Salz. Diese Säure verdient studirt zu werden, was ich wegen Mangels an Material nicht konnte.

Ich habe Pfeffermünzöl in Schwefelkohlenstoff gelöst und einen Strom von trocknem Ammoniakgas hineingeleitet, um Salze zu bilden, analog denen, die entstehen, wenn man Alkohol, Schwefelkohlenstoff und Ammoniak aufeinander wirken läſst, habe aber bloſs die Bildung von röthendem Salze und schwefelblausaurem Ammoniak beobachtet. Da demnach alle meine Versuche, aus dem Pfeffermünzöl analoge Verbindungen darzustellen, wie sie der Alkohol, der Aether etc. unter ähnlichen Umständen geben, gescheitert sind, da vielmehr die Wirkung der Schwefelsäure, des Phosphorchlorids, der Phosphorsäure u. s. w. sämmtlich neue und eigenthümliche Producte gaben, so bietet sich von selbst der Schluſs dar, daſs das kristallisirte Pfeffermünzöl nicht als ein gewöhnlicher Alkohol zu betrachten sey. Ich bin daher geneigt, ihn mit dem Kampher und dem Aceton in eine Gruppe zu stellen, eine Gruppe, die, neben einigen hypothetischen Körpern, die hoffentlich bald werden aufgefunden werden, folgende Glieder zählen würde:

$C_{20}H_{36}+H_4O_2$	Pfeffermünzöl	$C_{20}H_{36}$	Menthen
$C_{20}H_{32}+H_4O_2$	unbekannt	$C_{20}H_{32}$	Terpentinöl
$C_{20}H_{28}+H_4O_2$	Kampher	$C_{20}H_{28}$	Kamphogen
$C_{20}H_{24}+H_4O_2$	unbekannt	$C_{20}H_{24}$	unbekannt
$C_{20}H_{20}+H_4O_2$	Anisöl	$C_{20}H_{20}$	unbekannt
$C_{20}H_{16}+H_4O_2$	unbekannt	$C_{20}H_{16}$	Naphthalen.

VII. *Resultate der letzten Russischen Expedition zur Ermittlung der Niveaudifferenz des Schwarzen und Kaspischen Meeres.*

In einem früheren Bande der Annalen gaben wir Anzeige von der auf Vorschlag der Petersburger Akademie von der Russischen Regierung genehmigten und so glänzend unterstützten Expedition, durch welches das vieljährige Problem der Niveaudifferenz des Schwarzen und Kaspischen Meeres seine endliche Erledigung finden sollte [1]). Gegenwärtig wollen wir Einiges von den Resultaten dieses wichtigen Unternehmens mittheilen [2]).

Die Messungen, welche bekanntlich von den Herren G. Fufs, Sabler und Sawitsch angestellt wurden, begannen am 31. Oct. neuen Styls 1836 beim Dorfe *Kagalnik*, etwas südlich von Asow, an der Mündung der Kagalnika, die sich ins Asowsche Meer ergiefst, unter 47° 4′ 26″,3 N. und 2^h 27′ 59″,5 O. von Paris. Von da wurden sie fortgesetzt über Stawropol (wo man überwinterte), Georgijewsk, Mosdock und Kisljar, bis zum Dorfe *Tschernoi Rynok* [3]), am Ufer des Kaspischen Mee-

1) Ann. Bd. 38 S. 227. — Ueber die früheren Messungen findet man das Nähere in den Ann. Bd. 32 S. 554, auch Bd. 38 S. 230.

2) Die Data dazu sind genommen theils aus dem *Bullet. scientif. de l'acad. de St. Petersbourg Vol. II p.* 254. *Vol. III p.* 27, 117, 366. *Vol. IV p.* 241, theils aus Hrn. Alexis Sawitsch's Dissertation: Ueber die Höhe des Caspischen Meeres und der Hauptspitzen des Caucasischen Gebirges (Dorpat 1839), theils endlich aus Hrn. G. Sadler's Dissertation: Beobachtungen über die irdische Strahlenbrechung und über die Gesetze der Veränderung derselben (Dorpat 1839).

3) In der Umgegend von Tschernoi Rynok fanden die Beobachter unter den Anwohnern des Kaspischen Meeres allgemein die Ueberzeugung

Meeres, ein wenig nördlich vom Ausfluſs des Terek, wo man am 28. Oct. n. St. die Operationen beendete. Die ganze Länge dieses Weges beträgt etwa 800 Werst oder 115 geogr. Meilen.

Die Messungen waren von zweierlei Art: trigonometrisch und barometrisch. Die ersteren wurden nach folgender Methode ausgeführt. Man wählte in Abständen, die durchschnittlich etwa eine deutsche Meile betrugen, folgweise eine Reihe Punkte P_1, P_2, P_3 . . . . P_{n-1}, P_n, P_{n+1} . . und bezeichnete sie durch Signalstangen mit Visirmarken. Dann ging man von der Mitte jeder Linie, die zwei aufeinander folgende Punkte verband, rechtwinklich ab, nach jeder Seite um 700 Fuſs, und maſs diese 1400 Fuſs lange Basis durch ein geodätisches Verfahren mit Genauigkeit. Diese Basen dienten zur Bestimmung der Abstände zwischen den Hauptstationen und zwar auf die Weise, daſs man von jeder derselben, z. B. von P_n, die horizontalen Winkel, sowohl nach P_{n-1} und P_{n+1}, als auch nach A_{n-1}, B_{n-1} (den Endpunkten der Basis zwischen P_{n-1} und P_n) und A_n, B_n (den Endpunkten der Basis zwischen P_n u. P_{n+1}) maſs, endlich auch einen Tag später die Winkel aus A_{n-1}, B_{n-1}, A_n, B_n, nach P_{n-1}, P_n, P_{n+1}. Nach dieser Bestimmung der horizontalen Entfernungen wurden die Höhenwinkel gemessen und zwar auf folgende Weise. Während ein Beobachter von P_n aus die Zenithdistanzen von B_n und B_{n-1} maſs, beobachtete der zweite in B_n die Zenithdistanz von P_n, und der dritte

gung, daſs dasselbe sich langsam zurückziehe. Die älteren Bauern dieses Fischerdorfs wissen noch, daſs vor dreiſsig Jahren das Wasser bis ganz in die Nähe des Dorfes reichte, während es jetzt bei der auſserordentlichen Flachheit der Gegend sich drei bis vier Werst von dem Dorf entfernt hat. — Die Beobachter sahen auch von dem Punkte ab, der die Wasserscheide beider Meere bildet, eine wesentliche auffallende Veränderung des Terrains eintreten; ohne Zweifel wohl ist dieſs der alte Meeresgrund.

Vollständigere Nachrichten über das Sinken des kaspischen Meeres findet man in dem lesenswerthen Aufsatz von Lenz, Ann. Bd. XXVI S. 353.

in B_{n-1} die Zenithdistanz desselben P_n. Aufserdem wurde noch in P_n die Zenithdistanz von P_{n+1} und P_{n-1}, in B_n die Zenithdistanz von P_{n+1} und in B_{n-1} die von P_{n-1} gleichzeitig in demselben Satz genommen. Somit wurden alle Höhenunterschiede auf doppelte Weise gemessen 1) durch eine ununterbrochene Reihe gegenseitiger und gleichzeitiger Zenithdistanzen, bei horizontalen Entfernungen, die durchschnittlich nur eine halbe Stunde betrugen, und 2) durch, zur selben Zeit von einem mittleren Standpunkt aus genommene, Zenithdistanzen zweier, nach beiden Seiten gleichweit und zwar durchschnittlich eine Meile entfernter Signale.

Was nun die Resultate der nach beiden Methoden ausgeführten Höhenmessung betrifft, so haben darüber die drei Beobachter einzeln folgende Angaben geliefert.

Höhe des Asowschen Meeres über dem Kaspischen,

berechnet von Hrn. G. Fufs (*Bull. scient. de l'acad. de St. Petersb.* (1838) *Vol. IV p.* 241)
nach der Methode der gleichzeitigen, gegenseitigen Zenithdistanzen . . . 73,1 Fufs engl.
nach der Methode der Zenithdistanzen aus der Mitte . . . . 75,2 »

berechnet von Hrn. Sawitsch (dess. Dissert. (1839) S. 22)
nach der Methode der gleichzeitigen, gegenseitigen Zenithdistanzen . . . 78,1 »
(wahrscheinl. Fehler =3,5 Fufs)
nach der Methode der Zenithdistanzen aus der Mitte . . . . 82,5 »
(wahrscheinl. Fehler =5,2 Fufs)

berechnet von Hrn. Sadler (dess. Dissert. (1839) S. 33)
nach der Methode der gleichzeitigen, gegenseitigen Zenithdistanzen . . . 83,3 »
(wahrscheinl. Fehler =2,4 Fufs)

nach der Methode der Zenithdistanzen aus der Mitte .... 81,3 Fuſs engl. (wahrscheinl. Fehler =3,9 Fuſs).

Die Verschiedenheit dieser Angaben entspringt aus der Art, wie die Beobachter die Messungen in Rechnung genommen haben, um den Einfluſs der terrestrischen Refraction auszumerzen. Welches dieser Resultate das wahrscheinlichere sey, vermögen wir nicht zu entscheiden; indeſs ist wohl klar, daſs, da die Unsicherheit innerhalb weniger Fuſse eingeschlossen bleibt, man nicht viel irren wird, wenn man das Mittel aus den vier letzten, am meisten übereinstimmenden Angaben, nämlich:

81,3 engl. Fuſs = 76,3 Par. Fuſs

als den der Wahrheit am nächsten kommenden Werth annimmt. Sollte dieser Werth auch noch nicht als definitives Resultat zu betrachten seyn, so ist doch jedenfalls schon jetzt durch dieses erste trigonometrische Nivellement des kaukasischen Isthmus der Satz festgestellt, *daſs der Spiegel des kaspischen Meeres wirklich tiefer liegt, als der des Oceans*, was bekanntlich in neuerer Zeit bestritten worden, *aber nur etwa ein Viertel so tief, als es die älteren Messungen ergeben haben.*

Ueber das *barometrische* Nivellement, den zweiten Theil der Operationen auf dieser Expedition, giebt Hr. Sawitsch in einer brieflichen Mittheilung an Hrn. A. v. Humboldt folgende Auskunft.

„Auſser dem Resultate des trigonometrischen Nivellements haben wir zwei barometrische Resultate erhalten. Das erstere wurde gewonnen durch Beobachtungen an allen intermediären, fast eine deutsche Meile auseinander liegenden Stationen. Unsere Instrumente waren Gefäſsbarometer, wie Hr. Parrot sie angewandt. Sie sowohl wie die Thermometer wurden täglich verglichen. An jeder Station wurden wenigstens drei Beobachtungen gemacht, zwischen $3\frac{1}{2}$ und $6\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags. Die Niveaudifferenz zwischen zwei benachbarten Stationen er-

gab sich im Allgemeinen mit einer genügenden Annäherung, allein bei Winden zeigten sich Fehler, die lange in einerlei Sinne gingen. Besonders groſs waren die Fehler der partiellen Nivellements, wenn während der Beobachtungen ein starker Wind herrschte oder ein Gewitter stattfand.

Das definitive Resultat entfernt sich weit von der Wahrheit, indem es für die Niveaudifferenz beider Meere *drei hundert* englische Fuſs angiebt, statt sie in Wahrheit nur *achtzig* beträgt. Die Verschiedenheit beider Resultate ist zu groſs, als daſs man sie alleinig zufälligen Beobachtungsfehlern zuschreiben könnte. Die Gesammtheit dieser Fehler kann sich nicht auf 30 bis 40 Fuſs belaufen. Vielmehr ist jene Verschiedenheit in atmosphärische Einflüsse zu setzen, welche nicht immer so sind, wie sie von den gewöhnlichen Formeln zur Berechnung der Beobachtungen vorausgesetzt werden.

Das zweite barometrische Resultat beruht auf einjährigen Beobachtungen mit verglichenen Instrumenten, zu *Taganrog* und *Astrachan*. Sie geben für den gesuchten Unterschied beinahe *hundert und vierzig* engl. Fuſs, was der Wahrheit näher kommt als das erste Resultat. Gegenwärtig macht man zu *Astrachan* und *Nicolajeff* eine vortreffliche Reihe von Beobachtungen, die ein günstiges Resultat zu liefern verspricht."

VIII. *Ueber die Niveaudifferenz des todten und mittelländischen Meeres.*

Ein sonderbares Zusammentreffen hat gewollt, daſs um dieselbe Zeit, da die letzte russische Expedition beschäftigt war, das Problem des kaspischen Meeres in's Reine zu bringen, ein neues, zwar räumlich minder ausgedehn-

tes, in anderer Beziehung aber eben so interessantes Beispiel von Tieflage eines gröfseren Landstrichs in Palästina aufgefunden werden sollte. Fast gleichzeitig und ganz unabhängig von einander haben nämlich Professor Schubert aus München, die Engländer Moore und Beek und der Franzose J. de Berton die Entdeckung gemacht, dafs das todte Meer, so wie das ganze untere Jordan-Thal, um ein sehr Bedeutendes tiefer liegen als der Spiegel des mittelländischen Meeres. Hie und da ist bereits in Zeitungen von dieser Entdeckung die Rede gewesen; die Annalen haben dieselbe indefs bisher mit Stillschweigen übergangen, da es noch an authentischen Nachrichten fehlte. Jetzt sind diese so meist zur Oeffentlichkeit gelangt, und daher dürfte es zeitgemäfs seyn, durch eine kurze Zusammenstellung den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse über diesen interessanten Gegenstand der physikalischen Geographie vor Augen zu legen.

Im dritten Bande seiner „Reise in das Morgenland in den Jahren 1836 und 1837 (Erlangen 1839)" giebt Hr. Prof. Schubert unter andern folgende, auf barometrischem Wege gefundene, Resultate:

	Par. Fufs über dem Ocean.	Par. Fufs unter dem Ocean.
Bergrand d. oberen Jordanthals im engern Sinn	858	
Jacobsbrücke am Jordan	350	
See Genezareth (See von Tiberias)		535
Ebene des Jordans bei Jericho		528
Nordecke des todten Meeres		600

Bei der letzten Beobachtung überstieg das Quecksilber die Skale des für so hohe Stände nicht eingerichteten Barometers, und seine Höhe konnte daher nicht anders als nach Augenmaafs abgeschätzt werden. Die eben mitgetheilten Resultate finden sich übrigens in dem genannten Werke nur beiläufig, ohne Angabe der Beobachtungsdata, angeführt, und es wird eine detaillirte Be-

kanntmachung derselben in den Münchner Denkschriften versprochen.

Hrn. Bertou's Beobachtungen sind kürzlich in dem *Bulletin de la Société de Géographie* (*Jan.* 1839 *T. X p.* 274 *etc.*) veröffentlicht. Hier mögen daraus folgende eine Stelle finden.

Tag und Ort.	Barometer par. Zoll.	Barometer Millimet.	Temp. C°
3. März Beirut	28	757,96	21
6. - Sidon	28	757,96	
6. - Akre (lat. Kloster)	27.03	737,66	16
12. - Jerusalem	25.09	697,05	$15\frac{3}{4}$
12. - Jericho	28.11	782,78	$21\frac{1}{4}$
13. - Jericho	29.00	785,03	$13\frac{3}{4}$
13. - Nordspitze des todten Meeres	29.06	798,56	$21\frac{1}{4}$
13. - Jericho	29.00	785,08	$27\frac{1}{2}$
14. - Jerusalem	25.09	697,05	16

Die Angaben in alt französischem Maafs sollen Zolle und Linien seyn, wie man aus den danebenstehenden Millimetern ersieht. Hr. B. hat also keine kleineren Theile als ganze Linien abgelesen; auch scheint entweder nur die Temperatur des Barometers oder die der Luft beobachtet worden zu seyn. Auf grofse Genauigkeit können also schon deshalb diese Beobachtungen keinen Anspruch machen [1]). Trotz dieser und vielleicht noch anderer Mängel der Messungen, kann doch der hohe Stand von $29\frac{1}{2}$ par. Zoll am Ufer des todten Meeres nur aus der tiefen Lage desselben erklärt werden.

In dem *Compt. rend. T. VII p.* 798 hat Hr. Callier jenen Barometerstand (den er aber statt 798^{mm},56 nur zu 797^{mm},5 angiebt) in Rechnung genommen, und daraus, unter Annahme eines mittleren Barometerstandes von 760^{mm},0 am Ocean, für die Depression des todten Mee-

1) Hr. B. selbst wundert sich über die grofse Verschiedenheit der Resultate für Sidon und Akre, zwei am Meere liegende Orte.

res gefunden . . . . 406 Meter = 1249,8 par. Fuſs, also einen mehr als doppelt so groſsen Werth wie Hr. Prof. Schubert [1]).

Kurz nach seinem ersten Ausfluge zum todten Meer hatte Hr. Bertou das Unglück, daſs sein Barometer Luft fing; er machte also seine ferneren Höhenmessungen, auf einer Reise von Hebron aus nach Akaba und zurück, mittelst der Siedhitze des Wassers, bestimmt durch ein Thermometer von Lerebours, das indeſs zu solchem Zweck offenbar nicht genau genug war. Unter diesen Messungen möchten folgende das meiste Interesse haben:

		Siedpunkt	Temp. d. Luft
3. Apr.	Südspitze des todten Meeres	100°,6	32° C
6. -	Wasserscheide, el Sateh	98 ,0	25
8. -	Akaba, am rothen Meer	99 ,9	29
1. Mai	Jerusalem	96 ,0	20

Der Siedpunkt 100°,6 C entspricht einem Barometerstand von $776^{mm},45$ (bei 0°), und giebt für das todte Meer eine Depression . . = 166 Meter = 510 par. Fuſs, ein Resultat, das, wenn eins der beiden früheren auch nur annähernd richtig ist, weit unter der Wahrheit bleibt.

Noch mehr entfernt sich von jenen das ebenfalls auf thermo-barometrischem Wege gefundene Resultat der HH. Moore und Beek.

Wie Hr. Callier angiebt (*Compt. rend. T. VII p.* 798) fanden jene Beobachter den Siedpunkt am Ufer des todten Meeres = 216°,5 F = 102°,5 C. Diese Temperatur würde, nach ihm, einem Luftdruck von 815,6 Mm. entsprechen, und, einen mittleren Barometerstand von $760^{mm},0$ am Ocean vorausgesetzt, für jenes Meer die Depression geben . . . . 608 Met. = 1872 par. Fuſs, einen Werth, drei Mal so groſs wie der vom Prof. Schubert gefundene [2]).

1) Hr. Russegger hat später nahe denselben Werth gefunden, nämlich 1400 engl. Fuſs.

2) Wenn man von der Dulong'schen Formel $e = (1 + 0{,}7153 \cdot t)^{5}$ ...

Aus allen diesen Angaben sieht man zur Genüge, dafs, wenn auch an der bedeutend tiefen Lage des todten Meeres unter dem mittelländischen Meer kein Zweifel gehegt werden kann, doch der numerische Werth der Depression noch in grofser Unsicherheit schwebt. Man hat neuerdings wieder, von England aus, Reisende mit guten Barometern versehen, nach Pälästina abgesandt; wenn man indefs nicht wenigstens Monate lang beobachtet, und für correspondirende Beobachtungen an einem nahen Punkte der Küste des Mittelmeers sorgt (die allen bisherigen Messungen abgingen), so ist klar, dafs dadurch keine gröfsere Gewifsheit erlangt werden wird.

Die Depression des todten Meeres als Thatsache angenommen, wird zugleich eine andere Frage entschieden, die in neuerer Zeit ein Gegenstand der Discussion unter Geographen gewesen ist. Bekanntlich ist es eine im J. 1805 von Seetzen entdeckte, und später von Burckhardt, Bankes und vielen anderen Reisenden bestätigte Thatsache, dafs sich von der Südspitze des todten Meeres aus, ein ununterbrochenes Längenthal, gleich einer Mulde, bis zum Meerbusen von Akaba, dem östlichen Zweig der Gablung des rothen Meeres herunterzieht. Diese ausgezeichnete Thalbildung, die ganz das Ansehen hat, wie wenn sie ein Fortsatz des eben genannten Meerbusens wäre, hat lange zu der Meinung Anlafs gegeben, als hätte vor Zeiten das todte Meer mit dem rothen in

geht (worin e den Luftdruck, in Atmosphären von 760 Mllm., und t die Temperatur über 100° C., das Intervall zwischen 100° und 0° dabei zur Einheit genommen, bezeichnet), so findet man, dafs die Temperatur 102°,5 C einem Luftdruck von $830^{mm},42$ entspricht, und diefs gäbe, unter Annahme eines mittl. Barometerstandes von $760^{mm},0$ am Ocean, eine Depression von nahezu 800 Meter oder 2460 par. Fufs. — Man möchte daher wohl, wie in den *Compt. rend. T. VII p.* 799 geschieht, die Frage aufwerfen, ob die HH. Moore und Beek die Siedhitze an reinem Wasser oder an Wasser aus dem todten Meer beobachteten. *P.*

Verbindung gestanden, der Jordan sich also in letzteres ergossen [1]). Die jetzt erwiesene tiefe Lage des todten Meeres zeigt indefs, dafs dasselbe, wenigstens beim gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche, immer ein für sich geschlossenes Becken gewesen ist. Eine fernere Bestätigung erhält diese Ansicht durch die Beschaffenheit des erwähnten Längenthals. Hr. Berton, welcher dieses Thal zuerst seiner ganzen Ausdehnung nach bereiste, hat gefunden, dafs es keineswegs eine zusammenhängende Ebene darstellt, sondern aus drei deutlich geschiedenen Theilen, *Wadi el Ghor*, *Wadi el Araba*, *Wadi el Akaba* besteht, und fast in der Mitte seiner Länge eine Wasserscheide, *El Sateh* (das Dach) genannt, enthält, von wo die Bäche einerseits dem rothen, andrerseits dem todten Meere zufliefsen. Das im Ganzen sehr fruchtbare *Wadi el Ghor*, der nördliche Theil, ist gleichsam eine Fortsetzung des Beckens vom todten Meer, und von den Bergen an seinem Rande kommen Salzbäche herunter, die offenbar den hohen Salzgehalt dieses Meeres veranlassen. Das mittlere Thal, *Wadi el Araba*, hat in seinem nördlichen Theil eine lange schmale Furche, die auf dem ersten Blick für eine Fortsetzung des Jordanthals gehalten werden könnte, in der aber, zur Winterzeit, die Gewässer von Süden nach Norden dem todten Meere zufliefsen. Eine weitere Auseinandersetzung der Gründe für die ursprüngliche Trennung der Becken des todten und des rothen Meeres hat Hr. Letronne in den *Nouvelles Annales des Voyages p.* 1839 gegeben.

Endlich mag hier noch bemerkt seyn, dafs das todte Meer auch durch seine grofse Tiefe ausgezeichnet ist. Dieselbe beträgt, nach den Peilungen der HH. Moore und Beek an einigen Stellen an 300 engl. Faden, nahe 1700 par. Fufs. (*Journ. of the Geogr. Soc. Vol. VII p.* 456.)

1) Vergl. unter andern v. Hoff Gesch. d. natürl. Veränd. d. Erdoberfl. Bd. II S. 118.

IX. *Ueber den schwedischen Åsarn ähnliche Erscheinungen in Nord-Amerika.*

Zum Belege, dafs die grofsen kanadischen Seen nur Ueberbleibsel eines salzigen [1]) Binnenmeeres seyen, das einst die jetzigen Staaten Wisconsin, Missouri, Michigan, Illinois, Indiana und einen grofsen Theil von Ohio bedeckte, führt Dr. Julius in seinem eben so anziehenden als lehrreichen Werke: *Nordamerika's sittliche Zustände* (Leipzig 1839) Bd. I S. 9 unter andern folgende Thatsachen an.

Der Kammweg (*Ridge Road*) zwischen Lewiston und Rochester, ostwärts vom Niagara Fall, am oberen Ende des Ontario See, läuft in einem Abstande von 4 bis 7 Meilen (engl.?) dem jetzigen Seeufer parallel, und hat, in allen seinen Windungen, eine Länge von 120 Meil. (engl.?), ist 5 bis 25 Fufs hoch, und 4 bis 100 Ruthen breit, ja an einigen Stellen noch breiter. Seine Erhöhung über den gegenwärtigen Spiegel des Sees beträgt 130 Fufs, und es lassen sich stellenweise zwei Absätze des Abhangs zum See wahrnehmen. So wie die südliche Seite dieses durch jeden Flufs oder Berg, der durch ihn zum See geht, regelmäfsig unterbrochenen Kamms sumpfig ist, eben so besteht die steilere, dem See zugewandte Böschung aus Kies und vom Wellenschlag abgerundeten Steinen, die bis zum Kamme selbst hinansteigen. Auch östlich von Rochester, zum Oswego-Flusse hin, läfst sich stellenweis ein vormaliges höheres Seegestade nachweisen [2]).

1) Wie aus den diese Seen noch jetzt bevölkernden Fischen zu schliefsen ist (*Transact. of the Literary and Historical Society of Quebec* (*Quebec* 1829) *V. I p.* 6).

2) J. Macauley, *Natural, statistical and civil history of the state of New-York. In three Volumes* (*New-York* 1829. 8°). *Vol. I p.* 118.

Längs sämmtlichen westlichen Seen und Flüssen finden sich, wie schon De Witt Clinton, der Gründer des Erie-Kanals, bemerkte, gleichfalls kegelförmige Haufen und Erhöhungen von Kies, wie sie Fische zur Bergung und Sicherung ihres Laichs zu bilden pflegen, und sie liegen alle am nördlichen Fuſs des Kamms, an der dem See zugekehrten Seite desselben, niemals an der entgegengesetzten.

Gleiche Erscheinungen zeigt das Ufer des Eriesees. In der Nähe von Portland im Staat Ohio, und nordwärts der groſsen dahinter liegenden Steppe (*Prairie*), also wieder am oberen später sinkenden See-Ende, erstreckt sich, wie schon der Schotte Jacob Flint bemerkte [1]), viele Meilen lang, in einer Breite von 60 bis 80 Fuſs, 8 Fuſs höher als die Steppe, und 5 Fuſs höher als das jetzige Seegestade, ein mit demselben paralleler Kamm, gleichmäſsig über die Senkungen und Erhebungen der Steppe. Er ist trocken und kiesig, und wird von den Ansiedlern, welche wahrscheinlich unbewuſst hierin den Marschbauern eingedeichter Länder gefolgt sind, zur Anlage ihrer Wohnungen benutzt, während das von ihnen angebaute Land, so wie ihre übrigen Gebäude, südwärts nach der Steppe zugelegen sind.

In diesen beiden Seen sind alle Fluſsmündungen und Buchten durch Sandbänke gesperrt, und bieten, genau wie die des kaspischen Meeres, nur schlechte Häfen dar, während an den nördlichen kanadischen Küsten gute Häfen in Ueberfluſs zu finden sind.

Die Steppe südwärts des Erie und Ontario, so wie des Michigan-Sees, zeigt in ihrer ganzen Ausdehnung eine, bisher in Amerika noch nicht gehörig gewürdigte Erscheinung, nämlich bald einzeln, bald haufenweis gestreute, offenbar aus andern Gegenden stammende Granitblöcke, welche von den ersten Ansiedlern jener Gegenden sehr passend mit dem Namen der *Verlornen Felsen* (*Lost*

1) J. Flint *Letters from America* (*Edinb.* 1822. 8) *p.* 283.

rocks) belegt sind. Sie sind von abgerundeter Gestalt und liegen nicht immer auf der Oberfläche der Steppe, sondern sind oft bis 70 Fuſs in den Boden eingedrungen.

Vom *Oberen See* endlich berichtet Kapt. Bayfield, der, als Befehlshaber der britischen Flotte auf den kanadischen Seen, mit deren Vermessung beauftragt war und die ganze 1500 geogr. Meilen lange Küste des oberen Sees umschifft hat [1]), Folgendes als Beweis seiner Ansicht vom früheren Vorhandenseyn eines dortigen, groſsen salzigen Binnenmeeres. „In verschiedenen Gegenden des oberen Sees, so wie der anderen kanadischen Seen, zeigen sich Erscheinungen, die uns schlieſsen lassen, daſs dessen Gewässer ehemals weit höher als jetzt gestanden haben. Denn es werden in Theilen, welche in beträchtlicher Entfernung von dem gegenwärtigen Ufer sind, reihenweise in parallelen Windungen liegende abgerollte Steine und Muscheln gefunden, stufenweis oder vielmehr gleich den Sitzen eines Amphitheaters übereinander emporsteigend, und vollkommen dem gleich, was auch in unserer Zeit der Strand der meisten Meeresbuchten wahrnehmen läſst. Diese einstigen Strande sind 40 bis 50 Fuſs über dem gegenwärtigen Spiegel erhöht. Es sind auch an den unmittelbaren Gestaden des Sees solche Erscheinungen. Ich erwähne beispielshalber einer einzigen, bei *Cabot's Head* am Huronen-See, wo ich, vom gegenwärtigen Spiegel aufsteigend, nicht weniger als sieben Binsenreihen gezählt habe. Die oberste Reihe oder der Kamm war mit dichtem Gebüsch von Sprossenfichten (*Spruce*) bewachsen, und die zweite abwärts folgende trug Gebüsche oder kleinere Bäume nämlicher Art. Auf dem dritten Kamm wuchsen bloſs kleine Sträuche und Blumen. Der vierte zeigte Flechten und Moose, und alle folgenden waren ganz ohne Pflanzenwuchs. Es ist möglich, daſs der Gischt der Brandung den dritten Kamm noch erreicht. Diese Erscheinungen zeigen deutlich ein

1) *Transact. of the literary and historical Soc. of Quebec.*

mit der höheren Lage der Kämme wachsendes Alter. Da ich die Seen viele Jahre lang unter allen möglichen Umständen gesehen habe, so fühle ich mich berechtigt zu versichern, daſs dort die drei oder vier obersten dieser Kämme durch kein theilweises Steigen des Wassers, von Stürmen oder anderen Umständen, hervorgebracht seyn können, so wenig als durch die Gewalt des Eises. Dieſs ist, wie die gedachten Bäume beweisen, vor langer Zeit geschehen."

X. *Ueber den Einfluſs schiefer Luftströme auf die in Regenmessern aufgefangene Regenmenge.*

(Eine Mittheilung des Prof. A. D. Bache aus Philadelphia auf der Versammlung britischer Naturforscher zu New-Castle. — *Report. Vol. VII Sect. II p.* 25.)

Die Beobachtungen, welche zu dieser Mittheilung Anlaſs gaben, wurden zu Philadelphia angestellt, einem, wegen seiner Lage in einer ausgedehnten Ebene, hiezu sehr passenden Ort. Als Vorbild zu demselben dienten die zu York von den HH. Phillips und Gray gemachten [1]) und daher wurden sie anfänglich an drei Stationen von verschiedener Höhe angestellt, nämlich, auf einem früher zum Schrotgieſsen benutzten Thurm von 162 Fuſs Höhe, auf dem Dache des Universitätsgebäudes und auf ebener Erde neben dem Thurm. Späterhin, nachdem der Verfasser auf die Wirkung der Stoſswinde (*Eddy winds*) aufmerksam geworden, sah er jedoch ein, daſs ohne Entfernung dieses störenden Einflusses nicht zu einem Gesetz über die Abnahme der Regenmenge mit der Höhe zu gelangen sey. Er hielt es daher für nützlich, Denen, welche ähnliche Beobachtungen anzustellen gedenken, die

1) S. Ann. Bd. 33 S. 215, Bd. 38 S. 235 und Bd. 43 S. 422.

Resultate vorzulegen, welche seiner Meinung nach, eine Wirkung schiefer (*deflected*) Luftströme sind.

Die Beobachtungen über diesen Gegenstand wurden hauptsächlich auf der ersten Station, auf dem erwähnten Thurm, angestellt. Dieser Thurm ist im Querschnitt ein Quadrat, dessen Seiten nahe parallel und senkrecht gegen den Meridian liegen. Die Plateform obenauf hält etwa 12 Fufs in Seite, und ist von einer zinnenartig ausgeschnittenen Brustwehr eingefafst. Zuerst stellte man einen Regenmesser an der Nordwest-Ecke des Thurms, etwa sechs Zoll über der Brustwehr auf, späterhin einen Schneemesser an der Südwestecke, und zuletzt, aufser dem ersten Regenmesser, noch vier solcher Instrumente an den vier Ecken des Thurms, auf der Brustwehr, zehn Zoll über derselben. Jeder der Regenmesser bestand aus einem umgekehrten Kegel mit einem cylindrischen Rande, etwa 5 Zoll im Durchmesser, und einer kleinen Oeffnung an der Spitze; diese war dicht auf einem als Behälter dienenden Gefäfse befestigt. Die Schneemesser waren abgestumpfte, aufrechte Kegel, deren oberer Querschnitt nahe vier Zoll im Durchmesser hielt. Das Wasser wurde in einer Glasröhre gemessen, in welcher 0,001 gefallenen Regens mefsbar war. Als die Schneemesser überflüssig wurden, verwandelte man sie durch Anheftung von Trichtern in Regenmesser, oder ersetzte sie zuletzt durch Regenmesser der beschriebenen Art. Die aufgefangene Wassermenge wurde nach jedem Regen gemessen und die Richtung des Windes während des Regens fleifsig aufgezeichnet.

Um die Wirkungen zu erläutern, welche der Verfasser den durch den Thurm abgelenkten Luftströmen zuschreibt, giebt er aus dem Beobachtungsregister der vier letzten Monate die Regenmengen, welche in den vier, in Bezug auf die Windrichtung unter verschiedenen Umständen befindlichen Regenmessern, an den vier Ecken des Thurms, aufgefangen wurden. Diese wurden so ausge-

sondert, dafs sie wo möglich den hauptsächlichsten Windrichtungen entsprachen.

Tag.	Wind.	Thurmecke, wo die Regenmesser aufgestellt waren.							
		NO	SO	SW	NW	NO	SO	SW	NW
		Regen in engl. Zollen.				Regen-Verhältnisse.			
Jul. 26.	N	0,552	0,760	0,749	0,583	1,00	1,37	1,35	1,05
Aug. 6.	NO	0,311	0,378	0,607	0,491	1,00	1,21	2,08	1,58
Juli. 15.	O u. N b. O	0,912	1,398	1,868	1,715	1,00	1,53	2,04	1,88
Apr. 13.	NO, SO, SW	1,316	1,186	1,568	1,670	1,10	1,00	1,31	1,40
Aug. 26.	S u. SSO	0,407	0,253	0,241	0,391	1,68	1,04	1,00	1,62
Juni 19.	WSW u. SSW	0,389	0,285	0,252	0,198	1,96	1,43	1,26	1,00
Sept. 1.	W	0,302	0,328	0,202	0,141	2,14	2,32	1,43	1,00
Sept. 5.	WNW u. N	0,638	0,731	0,429	0,679	1,48	1,70	1,00	1,58

Aus dieser Tafel geht hervor:

1. Dafs die an den verschiedenen Ecken des Thurms gesammelten Regenmengen sehr ungleich sind. In einem äufsersten Falle wurde an der SO-Ecke $2\frac{1}{3}$ Mal so viel als an der NW-Ecke aufgefangen.

2. Dafs im Allgemeinen die Regenmesser auf der Leeseite mehr Regen empfangen als die auf der Windseite. Bei einem Nordwinde z. B. erhalten die Regenmesser an der SO- und der SW-Ecke mehr Regen als die an der NO- und der NW-Ecke. Bei einem NO-Winde erhält der Regenmesser an der SW-Ecke den meisten Regen. In den in der Tafel angegebenen Fällen ist das Verhältnifs der Regenmengen nahe wie 2,1 zu 1. Bei einem östlichen Winde empfangen die Instrumente an der NO- und der SO-Ecke weniger als die an der NW- und der SW-Ecke. Bei südöstlichem Winde erhält das Instrument auf der SO-Ecke die kleinste, und das auf der NW-Ecke die gröfste Regenmenge u. s. w.

3. Da die bedeutenderen Regenmengen von gewissen Winden begleitet werden, so steht nicht zu erwarten, dafs der Mittelwerth aus irgend einer Zahl von Beobachtungen, die solchen Fehlern ausgesetzt sind, zu einem genauen Resultat, hinsichtlich der in einer gewissen Höhe über dem Boden gefallenen Regenmenge, führen

werde. In der That stimmen die Mittelwerthe aus einer Periode von neun Monaten nicht so gut überein, als die aus den ausgewählten Beispielen in der Tafel. Diese geben die Verhältnisse 1; 1,19; 1,24 und 1,20 für die Regenmengen an den vier Ecken: während die früher erwähnten Mittelwerthe an der NO- und der SW-Ecke sich nahe wie 1 zu 1,5 verhalten.

4. Der Zusammenhang dieser Erscheinungen mit der Richtung des Windes ist leicht ausgemacht, allein über den mit der Stärke des Windes läfst sich ohne Anemometer nicht entscheiden. Der Verfasser hat jedoch bemerkt, dafs bei Nordostwinden, welche in Philadelphia am häufigsten die stärkeren Regen begleiten, selbst wenn sie mäfsige Stärke haben, bedeutende Unterschiede vorkommen, Unterschiede, die sich wie 1 zu 1,5 verhalten.

Nachdem der Verf. eingesehen, dafs er durch die beschriebenen Vorrichtungen zu keinen genauen Resultaten gelangen konnte, versuchte er, wie es die HH. Phillips und Gray mit dem Regenmesser auf dem Thurm des Yorker Münster gethan haben, seine Instrumente auf langen Pfählen aufzustellen. Dann waren in der That die Unterschiede sehr unbedeutend. Am 26. Aug. z. B. als die Regenmesser auf der Brustwehr an der Nordost- und der Südwest-Ecke Regenmengen im Verhältnifs 1 zu 1,68 gaben, lieferten die an denselben Ecken, sechs Fufs über der Brustwehr, Mengen im Verhältnifs 1:08; bei einem mäfsigeren Winde waren die Mengen noch näher gleich.

XI. *Gröfste Regenmenge auf der Erde.*

Nach einer auf der letzten Versammlung britischer Naturforscher (1839) gemachten Mittheilung des Obersten Sykes (*Bibl. univers*; N. S. T. XXVIII p. 407) ist der Ort *Mahabuleshwar* (17° 58′ 53″ N. und 73° 29′ 50″ O. von Greenw.

Greenw. 4220 par. F. über dem Meer, am westlichen Abhange des Ghats, unfern der Quelle des berühmten Kistnah-Flusses) unter allen derjenige, wo, soweit bisher bekannt, die gröfste Regenmasse fällt. Die daselbst im J. 1834 angestellten Beobachtungen ergaben nämlich folgende Resultate.

	Temperatur. F°.				Regen engl. Zoll.	Wind.
	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Differenz.		
Januar	65°,7	71°,2	60°,2	11°,0	0	O
Februar	67 ,5	73 ,7	61 ,3	12 ,4	0,25	ONO
März	74 ,0	81 ,7	66 ,4	15 ,3	0	NO
April	74 ,4	82 ,2	66 ,7	15 ,5	*	NO
Mai	73 ,9	80 ,6	67 ,3	13 ,3	0,16	WNW
Juni	66 ,3	69 ,3	63 ,4	5 ,9	32,03	SW
Juli	64 ,9	66 ,6	63 ,2	3 ,4	118,60	SW ***
August	65 ,3	66 ,9	63 ,8	3 ,1	75,91	SW
September	65 ,0	66 ,4	63 ,6	2 ,8	65,97	SW
October	65 ,5	69 ,4	61 ,7	7 ,7	9,29	NO
November	63 ,5	69 ,5	57 ,5	12 ,0	0	ONO
December	62 ,3	68 ,4	56 ,2	12 ,2	**	ONO
Jahr	67°,3	72°,1	62°,6	9°,5	302,21	

(* zwei leichte Schauer, ** ein leichtes Schauer, *** Wind heftig.)

Fast die ganze Regenmasse drängt sich, wie man sieht, in die vier Monate Juni, Juli, August, September zusammen, wo die Südwest-Monsoons die Dünste vom Meere heranbringen, womit zugleich eine bedeutende Senkung der Temperatur und Abgleichung ihrer Extreme verknüpft ist.

Die Regenmenge von *Mahabuleshwar* = 302,21 engl. Zoll = 23,61 par. Fuſs, übertrifft noch die von *Matouba* auf Guadeloupe = 22,85 par. Fuſs, die bisher für das Maximum galt, und übrigens auch viel gleichförmiger vertheilt ist im Jahre (Ann. Bd. 46 S. 351). Selbst auf der Küste Malabar ist sonst kein Ort bekannt, der mit Mahabuleshwar in Regen wetteifern könnte. Das nicht fern, aber dicht am Meere liegende *Bombay* (18° 53′ 45″ N, und 72° 56′ O. v. Gr.) hat nur 80,64 engl. Zoll, und ein vermuthlich schon am Gebirge gelegener Ort *Anjarakandy*,

123,52 engl. Zoll jährlich [1]). *Punah*, jenseits des Gebirges, auf der Hochebene von Indien, hat nur eine jährliche Regenmenge von 23,43 Zoll.

Dagegen scheinen an den westlichen Abhängen der Gebirge auf der Westseite der hinterindischen Halbinsel, an der Küste von Arracan, und selbst höher hinauf, landeinwärts, Regenmassen zu fallen, die denen auf der Küste von Malabar ziemlich nahe kommen. Capt. Pemberton in seinem *Report on the Eastern Frontiers of British India* (von dem das *Journ. of the geogr. Soc.* Vol. VIII p. 391 einen kurzen Auszug giebt), führt an, dafs im J. 1825 zu *Arracan*, zwischen den Monaten Juni und October, 197 engl. Zoll, und zu *Charra Punji*, nach Hrn. Cracoft's Beobachtungen, in den Monaten Juni, Juli, August, September, sogar 225 engl. Zoll gefallen seyen. *Charra Punji* liegt in dem *Kossiyah-Gebirge*, nordöstlich von dem Tieflande am Ausflufs des *Bramaputra*, etwa unter 25° 10' N. und 92° O. v. Grw. Es hat wie *Mahabuleshwar*, trotz der grofsen Regenmasse, ein gesundes Klima, was schon daraus abzunehmen, dafs es, wie letzterer Ort, von der englischen Regierung als Sanatarium für krankes Militair auserwählt ist [2]).

1) Dove Meteorol. Untersuch. p. 303.

2) Um die ungeheuren Regenmengen von *Mahabuleshwar*, *Charra Punji* und *Matouba* einigermafsen mit der eines Ortes unter mittleren Breiten zu vergleichen, mag hier bemerkt seyn, dafs *Keswick*, nach Dr. William Smith, der regenreichste Ort in England (*Report of the British Assoc. Vol. VII Sect. II p.* 27) nur eine jährliche Regenmenge von 67 engl. Zoll hat. (Nach demselben Autor ist der trockenste Ort in England: *South Lambeth* mit einer jährlichen Regenmenge von 22,7 Zoll.) Von der Verschiedenheit der Regenmenge zwischen Orten im Gebirge und benachbarten in der Ebene, wie Mahabuleshwar und Bombay, Matouba und Basse Terre, giebt übrigens in unseren Breiten das Verhältnifs des *Grofsen Bernhard* zu *Genf* ein genügendes Seitenstück; ersterer hat jährlich über 55½, letzteres 28½ Zoll Regen (Ann. Bd. 38 S. 628). Andere Beispiele sind von Dove im Monatsbericht der Gesellschaft für Erdkunde S. 114 angeführt.

XII. *Meteoreisen von Alabama.*

Auf seinen Reisen durch den Staat Alabama fand Hr. Huddard bei Lime Creek, in Clairbone, einen unregelmäfsig dreieckigen Klumpen Meteoreisen von 10 Zoll Länge und 5—6 Zoll Dicke auf der Erdoberfläche liegen, von dem es ihm nach vieler Mühe gelang ein kleines Stück abzuschlagen. Diefs gerieth in die Hände des Hrn. T. Jackson zu Boston, der es einer chemischen Zerlegung unterwarf. Das Resultat einer mit 50 Gran unternommenen Analyse war:

Metallisches Eisen	66,560
» Nickel	24,708
Chrom und Mangan	3,240
Schwefel	4,000
Chlor	1,480
	99,988

Der Gang der Analyse war folgender. Die Masse wurde in reiner Salpetersäure aufgelöst, mit Wasser verdünnt und darauf mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt, wodurch ein Niederschlag von *Chlorsilber* entstand. Nach Abscheidung des überflüssigen Silbers durch Salzsäure, wurde Salmiak hinzugesetzt, das Eisenoxyd durch Ammoniak und dann das Nickeloxyd durch Kali gefällt. Hierauf wurde essigsaurer Baryt hinzugesetzt und dadurch ein Niederschlag von schwefelsaurem Baryt erhalten. Chrom und Mangan wurden durch einen besonderen Versuch bestimmt, wobei das Meteoreisen in Salzsäure gelöst, die Lösung mit einer hinreichenden Menge Weinsäure versetzt, darauf durch Ammoniak neutralisirt und nach Abscheidung des Eisens und Nickels durch Schwefelwasserstoffgas, eingetrocknet, und der Rückstand in einem Pla-

lintiegel eingeäschert wurde. Er wurde durch etwas Chromsäure erhalten. Ebenso wurde das Mangan bestimmt.

Eine zweite Analyse der Art gab 65,184 Proc. Eisen und 27,708 Proc. Nickel. Das spec Gew. der Masse war =6,500. (*Silliman. Journ.* Vol. XXXIV p. 334.)

XIII. *Meteorsteinfall in Missouri.*

Dieser Fall ereignete sich am 13. Februar 1839, Nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr in der Nähe der Niederlassung *Little Piney* (37° 55′N. und 92° 5′ W.) im Staat *Missouri*, bei völlig heiterem Himmel, weshalb man an mehren Orten, z. B. Caledonia, Potosi etc. deutlich beobachten konnte, daſs das Meteor vor dem Fall sich gleich einem groſsen Stern langsam nach Westen bewegte. In Caledonia, welches etwa neun engl. Meilen südwestlich von Potosi liegt, ging es etwas nördlich vom Zenith, am letzteren Ort etwas südlich von demselben. Der östliche Punkt, wo es gesehen wurde, lag etwa 15 engl. Meilen westlich von St. Genevieve (etwa 37° 50′N. und 90° W.), der westlichste war das erwähnte Little Piney, wo man das Meteor zerspringen sah, und eine oder anderthalb Minuten hernach drei schnell aufeinander folgende Explosionen hörte. Einige Bewohner suchten sogleich nach gefallenen Steinen, und fanden auch wirklich dicht neben einem Baume, der von dem Stoſs eines festen Körpers frisch beschädigt zu seyn schien, unter der drei bis vier Zoll dicken Schneelage, die den Boden bedeckte, einen derselben von Faustgröſse, zum Theil in die Erde eingedrungen.

Von diesem erhielt Hr. Herrick einige Bruchstücke, der darüber folgende Nachricht giebt. Eins der Bruchstücke hat ein spec. Gewicht =3,5, doch mögen verschiedene Stücke des Steins in dieser Beziehung etwas ab-

weichen, je nachdem sie mehr oder weniger metallische Substanz enthalten. Die Aehnlichkeit dieses Meteors mit denen von Tennessee, Georgia und Weston (*Connecticut*) ist so groſs, daſs man glauben möchte, sie wären alle von derselben Masse genommen. Die Cohäsion des Steins ist nicht groſs, da es unter einem mäſsigen Schlag zerbröckelt. Auf zwei der Bruchstücken saſs etwas von der äuſsern Kruste. Diese ist etwa $\frac{1}{16}$ Zoll dick, zeigt Anzeigen von starker Glühung und theilweiser Schmelzung, hat eine schwarze Farbe, und eine runzliche oder poröse Oberfläche mit Narben darauf. Das Innere ist aschgrau, und zeigt eingesprengte metallische Theilchen von der Gröſse eines Schrotkorns bis zum feinsten Punkt, auch Rostflecken und kleine kugelförmige Concretionen, die indeſs in ihrer Zusammensetzung nicht von der übrigen Masse verschieden zu seyn scheinen. Die kleinen metallischen Massen sind magnetisch und schmiedbar, meistens eisengrau, hie und da auch gelb und irisirend.

Eine Analyse dieses Steins steht noch zu erwarten, mittlerweile bezeugt auch Hr. Silliman, daſs an dem meteorischen Ursprung der erwähnten Bruchstücke nicht zu zweifeln sey (*Phil. Mag.* Ser. III Vol. XV p. 557 aus Silliman's Journ. Vol. XXXVII p. 385).

XIV. *Versteinernde Quelle von Pambuk Kalessi.*

Südöstlich von Smyrna, einige Tagereisen landein, auf einem gesonderten, plateauartigen Vorsprunge einer der mittleren Tauruskettten, an dessen Fuſs der Strom des Maeanders und sein Zufluſs, der Gallus, sich vorüberwindet, nicht fern von den Ruinen des alten Hierapolis, quillt aus einem Teiche eine Mineralquelle, welche sowohl durch ihre Wasserfülle als durch ihre malerischen Stürze und das hohe Alter ihrer fortschreitend verstei-

nernden Kraft, die meisten Quellen dieser Art weit hinter sich läfst [1]). Sogleich an ihrem Ursprung theilt sie sich in vier Arme, die entweder durch Natur oder Kunst über die ganze Fläche des Plateaus vielzweigig verbreitet sind, so dafs sie bald zur Befruchtung von Gärten und Felder dienen, bald in dem türkischen Dorfe, das gegenwärtig auf den Trümmern antiker Tempelruinen und felsiger Grabstätten erbaut ist, zum Baden und anderweitigem Hausgebrauch benutzt werden. Die gröfsere Wasserfülle stürzt sich jedoch, zu einem vollufrigen Hauptstrome gesammelt, durch die Mitte ihrer selbstgebildeten Stalaktitengruppen im wildesten schäumigen Schusse hinab in die Thaltiefe. Der mächtige Strom schiefst, von unten gesehen, silberschäumend aus dunklen Grotten hervor; über diesen wölben sich kolossale Gruppen wie herabhängendes Gebüsch von Thränenweiden, aber als kreideweifse Stalaktitengebilde mit wolligem schäumigen Ansehen. Sie geben jenen phantastischen Anblick, welchen der moderne Name des Ganzen bei den heutigen türkischen Anwohnern, nämlich Pambuk Kalessi, d. h. Baumwollen-Kastell, vollkommen entspricht.

Die Natur dieser aufbauenden Quelle erklärt so manche Sage der Alten von Strömen, die sich selber Brücken bauen, ganze Sädte versteinert haben sollen mit ihren Bewohnern u. dgl. mehr.

Auf dem Wege von *Erzerum* nach *Trapezunt*, am Nordfufse des Taurus, hat kürzlich der nordamerikanische Reisende, Hr. Eli Smyth, einen solchen Flufs gefunden, über welchen eine seitwärts vom Kalkgebirge herabstürzende Quelle mit starker Gasentwicklung eine solche Tuff- und Stalaktiten-Brücke von einem grofsen Bogen gebaut hat, unter welchem der Strom seinen Weg

1) Ausgezeichnete Quellen der Art sind sonst, aufser den bekannteren von Tivoli und Monte Amiata etc, unter andern die von *Mjer-Ammar* (Ann. Bd. 43 S. 430) und die von *Huancavelica* in Peru (Hoffmann Phys. Geogr. I, 483).

ungehemmt fortsetzt. Ehe nämlich das Quellwasser 40 bis 50 Fufs weit, aus der Felswand zur Seite zum Strome vordringt, fängt die mächtige Tuffbildung bei der Erkaltung schon an. Die Steinmasse schob sich quer über den Strom hin, indem nach unten hin Tropfsteine hängen, die sich nach oben hin immer stärker übersenken, und anfänglich weit über den Strom hin einen Vorsprung bilden, bis dieser durch sein eignes Gewicht nach vorn abbrach, und die Grundlage zum gegenüber liegenden Brückenkopf bildete. Diese ganze Naturbrücke ist jetzt so mit Erde und Vegetation bedeckt, dafs man über sie hinreitet, ohne vom Wege aus ihre Bildung nur zu ahnen! Weiter abwärts ist eine zweite Brücke der Art bis zur Hälfte des Flusses erst im Werden. Sobald das Quellwasser in das Flufswasser herabgeträuft mit ihm sich vermischt hat, hört seine petrificirende Kraft gänzlich auf. (Aus einem Vortrag von C. Ritter im Monatsbericht der Gesellschaft für Erdkunde S. 84.)

Kleinasien ist, vermöge der Natur seines Bodens, reich an dergleichen heifsen und incrustirenden Quellen. So erwähnt Hr. W. J. Hamilton, der im J. 1837 eine Reise von Constantinopel nach Caesarea machte, dafs er drei Stunden von *Singerli*, etwa auf halbem Wege zwischen *Smyrna* und *Brussah* (wo bekanntlich auch heifse Quellen. S. Ann. Bd. 38 S. 479) einige Quellen angetroffen, die aus porphyrischem Trachyt hervorkommen, und fast die Temperatur des siedenden Wassers haben. Unter Verbreitung eines Schwefelgeruchs setzen sie stalaktitische und stalagmitische Concretionen ab, und, nachdem sie sich vereinigt, bilden sie einen Bach, grofs genug, um mehre Mühlen zu treiben. Noch eine englische Meile von seinem Ursprung hat das Wasser eine solche Temperatur, dafs es als heifses Bad dient, welches von den Einwohnern stark benutzt wird. Bei den Türken heifsen diese Quellen Iliah (*Eiliah*) d. h. heifse Quellen. (*Journ. of the geogr. Soc.* Vol. VIII p. 141.)

XV. *Heifse Quellen in der Algierei.*

Auf halbem Wege zwischen Bona und Constantine liegen zwei Orte *Hammam-Berda* (*Hammam-el-Berda'ah*) und *Hammam-mes-Kutin* (*Verfluchte Bäder*), die beide durch heifse Quellen gleich ausgezeichnet sind.

Am ersteren Orte sprudeln die Quellen aus einem antiken Bassin von rundlicher Gestalt, 42 Meter lang und 36 Meter breit, hervor, und zwar mit solcher Ergiebigkeit, dafs sie eine Mühle treiben könnten. Ihr Wasser hat die Temperatur 29°,3 C, ist klar, farb- und geruchlos, und enthält in einem Liter 0,38766 Grm. feste Bestandtheile, bestehend aus Chlornatrium (0,02155), Chlormagnium (0,01899), schwefelsaures Natron (0,05254), schwefels. Bittererde (0,00733), schwefels. Kalk (0,02), kohlens. Kalk (0,20), kohlens. Bittererde (0,03725), kohlens. Strontian und Eisenoxyd (Spuren), Kieselerde (0,01), und organische Substanzen (0,02); es enthält auch freie Kohlensäure, etwa den fünften Theil seines Volums, aber kein Schwefelwasserstoff. Neben den Quellen entwickelt sich ein Gas, bestehend in 100 Vol., aus 86 Stickgas, 2 Sauerstoff und 12 Kohlensäure.

An dem zweiten Orte haben die Quellen eine erhöhte Lage, und geben dadurch, so wie durch ihre Wasserfülle, zu einem prächtigen Wasserfall Anlafs, der von jeher ein Gegenstand der Bewunderung aller Reisenden gewesen ist. Die Temperatur dieser Quellen ist ungemein hoch. Im J. 1702 fand sie ein Engländer nur 3 bis 4° geringer als die Siedhitze des Wassers. Desfontaines bestimmte sie im J. 1786 zu 96°,3 C, und die HH. Antonini, Guyon, Baudens und Gouget, welche den zweiten Feldzug nach Constantine mitmachten, setzten sie auf 95° C. Im Mai 1839 fand sie Hr. Tri-

pier = 95° C. (Dasselbe Thermometer, welches zu Algier in siedendem destillirten Wasser 100° C gezeigt hatte, zeigte neben der Quelle in derselben Flüssigkeit 99°,5, in dem zum Sieden gebrachten Mineralwasser dagegen 100° C). Selbst der Wasserfall hat noch eine Temperatur von 45° bis 58° (daher sich denn auch an seinem Rande eine üppige Vegetation entwickelt, z. B. Oleander und Dattelbäume finden, die sonst weit und breit nicht vorkommen), und ein Bassin an seinem Fuſse zeigt 40° C, obwohl dennoch Fische (Barben, *Barbeaux*) darin leben. Das Wasser der Quellen enthält auf 1 Liter 1,52007 Grm. fester Bestandtheile, nämlich Chlornatrium 0,41560, Chlormagn. 0,07864, Chlorkalium 0,01839, Chlorcalcium 0,01085, schwefels. Kalk 0,38086, schwefels. Natron 0,17653, schwefels. Bittererde 0,00763, kohlens. Kalk 0,25722, kohlens. Bittererde 0,04235, kohlens. Strontian 0,00150, *Arsenik* (als Metall bestimmt) 0,0005 [1]), Kieselerde 0,07, organische Substanzen 0,06, Fluor und Eisenoxyd, Spuren. Das mitten aus dem heiſsen Wasserstrahl aufgefangene Gas enthielt in 100 Volumen: Kohlensäure 97, Stickgas 2,5, Schwefelwasserstoff 0,5.

In der Nähe dieser Quelle findet sich eine Pfütze schlammigen Wassers, dessen Menge sich nicht zu verändern scheint, aus dem aber periodisch, nach Pausen

1) Das Detail der Analyse ist von Hrn. Tripier nicht mitgetheilt. Es muſs also um so mehr dahingestellt bleiben, in wiefern das *Arsenik* wirklich in dem Mineralwasser, oder nur in den zur Analyse angewandten Materialien vorhanden war. Recht wahrscheinlich ist das Erstere schon deshalb nicht, als Fische in dem Wasser leben, und überdieſs hat Hr. Guyon bei einer, wie es scheint späteren, Analyse desselben Wassers, kein Arsenik darin gefunden. Nach diesen sind in 1 Liter 1,233 Grm fester Bestandtheile, nämlich kohlensaure Bittererde 0,090, kohlens. Kalk 0,037, kohlens. Eisen 0,053, schwefels. Kalk 0,197, schwefels. Bittererde 0,093, salzs. Bittererde 0,073, salzs. Natron 0,033, salzs. Kalk 0,167, Kieselerde 0,013, organische Substanz 0,100 nebst Verlust 0,377. Hr. G. betrachtet indeſs seine Analyse nur als einen Probeversuch (*Ann. de chim. et de phys. T. LXXI p.* 223).

völliger Ruhe von 1 bis 2 Minuten Dauer, plötzlich und etwa 10 Minuten lang mit Heftigkeit ein Gas hervorbricht, in dem man mehr Schwefelwasserstoffgas bemerkt als die eben erwähnten Quellen enthalten. Die Temperatur dieses Schlammes ist, während der Ruhe 52° C, während der Gasentwicklung aber höher [1]). (Aus einem Bericht des Hrn. Tripier in den *Compt. rend.* T. IX p. 599.)

XVI. *Der Fuciner See.*

Dieser See (*Lacus Fucinus* bei den Römern, *Λίμνη Φουκῖνα* bei Strabo, *Φουκίνη* bei Dio, *Lago Fucino* oder *Lago di Celano* bei den Italiänern) liegt in der Erstreckung von 41° 56′—42° 2′ N. Br. und 11° 17′—11° 26′ O. L. v. Paris, 2046 par. Fuſs über dem Meere (nach Schouw), inmitten der mächtigsten Gebirgserhebung des Apennin, welche selbst wiederum die Mitte der italienischen Halbinsel bildet, am südlichen Ende eines Längenthals, welches am Monte Coronaro, dem Ursprung der Tiber, beginnend, unmittelbar am Fuſs der Centralapenninenkette, zwischen dieser und einer von der Tiber und der Nera durchbrochenen Parallelkette, fortzieht und, ob-

1) Eine ähnliche Erscheinung betrachtete Hr. W. J. Hamilton beim Dorfe Kilisa Hisar (etwa 37° 45′ N. und 34° 45 O. v. Grw.) in Kleinasien. Aus einer Lache trüben Wassers, von 30 bis 40 Fuſs im Durchmesser, das zu kochen scheint, erhebt sich in der Mitte mit Heftigkeit und unter bedeutendem Geräusch eine Wassermasse von etwa einem Fuſs Höhe und anderthalb Fuſs Dicke, ohne daſs dennoch die Lache steigt oder abflieſst. Offenbar also eine bloſse Gasentwicklung, die sich auch durch den Geruch nach Schwefelwasserstoff verräth. Aus dem Vergleiche dieser Erscheinungen mit den Angaben von Ammianus Marcellinus und Philostratus folgert Hr. Hamilton, daſs das Dorf Kilisa Hisar auf der Stelle des alten *Tyana* liege, und die Lache die ehemals dem Jupiter gewidmete Quelle *Asbamaeus* sey (*Journ. of the geogr. Soc. Vol. VIII p.* 153).

wohl von einigen Querrücken durchschnitten, sich bis hieher in einer Strecke von mehr als dreifsig Meilen verfolgen läfst. Das länglich gestaltete, von NW nach SO gestreckte Becken am Ende dieser Thalbildung, welches den See aufnimmt, ist auf allen Seiten durch mehr oder weniger bedeutende Höhen eingeschlossen, in NO sogar durch die hohe Kette des Monte Vellino, die von ihrem höchsten Gipfel (7683 Fufs) fast unmittelbar bis zu der an seinem Fufse liegenden, gegen 5000 Fufs tieferen, Ebene herabstürzt, und wie die Felsrücken im SW und SO nur einen schmalen Saum vom hügeligen Lande vorliegen läfst; selbst an der nordwestlichen Seite bildet eine sanft bis zu 170 Fufs über den Spiegel des Sees ansteigende Ebene (*Campi palentini*) einen zusammenhängenden Damm, der dieses Becken von dem Thalgrund des Saltoflusses trennt. Der Fuciner See hat demnach über Tage keinen Abflufs, und da er nichts desto weniger von den benachbarten Höhen in der Regel mehr Wasser empfängt, als er durch Verdunstung verlieren kann, er überdiefs in einem Kalkgestein liegt, das zur Bildung unterirdischer Kanäle so sehr geneigt ist, so leuchtet ein, dafs er sich des Ueberschusses durch solche Kanäle entledigen müsse. Diefs ist auch wirklich der Fall, und dadurch bietet er ein treues Seitenstück zu dem Kopaischen See und dem See Phonia in Griechenland [1]). Da diese in den Annalen beschrieben wurden, und des Fuciner Sees in physikalischen Werken nicht gedacht zu werden pflegt, so wird eine kurze Nachricht über ihn hier nicht am unrechten Orte stehen. Sie ist entlehnt aus der eben so interessanten als lehrreichen Abhandlung des Hrn. Kramer: „*Der Fuciner See* (Berlin 1839)."

Der See bildet einen Spiegel von länglich runder, jedoch unregelmäfsiger Gestalt, dessen Umfang von verschiedenen Schriftstellern sehr verschieden angegeben wird, und, innerhalb gewisser Gränzen auch wirklich veränder-

1) Ann. Bd. 38 S. 241 und 253.

lich ist. Nach der wahrscheinlichsten Angabe, der von Rivera, beträgt sein Umfang 24⅔ Miglien, seine gröſste Länge, von NW nach SO, 9 Miglien, und seine gröſste Breite, die sich im nördlichen Theile findet, 5⅔ Mgl.

Ueber die Tiefe des Sees lauten die Angaben ebenfalls verschieden; indeſs ist sie auch in der That, wie die von andern Seen ähnlicher Natur, groſsen Schwankungen ausgesetzt. Je nachdem mehr oder weniger Schnee und Regen auf das benachbarte Gebirge gefallen ist, und je nachdem die unterirdischen Kanäle mehr oder weniger offen sind, steigt und fällt der See von Jahr zu Jahr, ohne daſs darin, wie man wohl angegeben findet, eine regelmäſsige Periode stattfindet. Den niedrigsten Stand, den man mit Genauigkeit kennt, erreichte der See im J. 1835, als die Arbeiten an dem schon vom Kaiser Claudius angelegten Emissar unter der Leitung von Rivera beendet waren. Damals betrug seine gröſste Tiefe, die auf wenige Punkte beschränkt ist, und sich, wie bei andern Gebirgsseen, auf Seite der höchsten Gebirgserhebung, also hier auf der östlichen Seite, hinzieht, 39 Palmen, und in den übrigen Theilen fand man den Boden, in geringer Entfernung vom Ufer, fast eine Ebene bildend, die etwa 36 Palmen unter dem Wasserspiegel lag [1]). Im J. 1789 und besonders 1816 hatte dagegen der See eine solche Höhe, daſs er einen groſsen Theil der anliegenden sehr fruchtbaren Ländereien überschwemmte. Im letzteren Jahre soll er angeblich 47 Palmen höher gestanden haben als im Jahre 1835.

Seine Nahrung erhält der See, auſser der ihm un-

1) Der Fuciner See hatte also im J. 1835 an seinen tiefsten Stellen nur eine Tiefe von 28 — 31 Fuſs. Noch seichter ist der in seiner Beschaffenheit ihm ganz gleiche, nur tiefer liegende *Lago Trasimeno* bei Perugia. Nach Borghi hat dieser bei hohem Wasserstande 20, bei niedrigem 16 Fuſs Tiefe. Die Seen dagegen, welche Ausfüllungen ehemaliger Kratere sind, haben eine weit bedeutendere Tiefe. Der See von Albano ist 427, der von Bracciano 923 und der von Bolsena 430 Fuſs tief.

mittelbar durch Regen und Schnee zugeführten Wassermenge, außer mehren zum Theil sehr reichlich fließenden Quellen an seinem Ufer und selbst auf seinem Boden, hauptsächlich durch den *Giovenco,* ein Bächlein von 10 bis 12 Miglien Länge, das aus drei Quellen entspringt, und von Einigen, obwohl nicht mit genügendem Grund, als gespeist durch einen unterirdischen Abfluſs des im höheren Gebirge liegenden *Lago di Scanno* angesehen wird. Diese Zuflüsse werden abgeführt durch unterirdische Kanäle, die indeſs, wenigstens gegenwärtig, nicht so weite Schlünde bilden, wie die Höhlen des Zirknitzer Sees und die Katabothren des Kopaischen, sondern mit Ausnahme einer Oeffnung von einigen Fuſs im Durchmesser (*La Pedogna* genannt, wahrscheinlich der *Pitonius* der Alten) nur aus kleinen Spalten und Löchern zu bestehen scheinen. Früher, bei höherem Wasserstande, soll es indeſs, nach dem Zeugnisse des Phoebonius, einen Krater von 27 Fuſs Länge und Breite und 3 Fuſs Tiefe gegeben haben, wo man das hinabstürzende Wasser zum Betriebe einer Mühle benutzte.

Wo das unterirdisch abflieſsende Wasser seinen Ausgang finde, ist noch nicht entschieden. Bei den Alten galt allgemein, wie es scheint, die Quelle der *Aqua Marcia,* welche von allen Wasserleitungen Roms das schönste Wasser hatte, als Ausfluſs des Fuciner Sees; allein da diese Quelle im oberen Aniothal entspringt, 20 Miglien von dem See, und getrennt von ihm durch das tief einschneidende Thal des oberen *Liris,* so hat diese Meinung wenig Wahrscheinlichkeit. Aus eigner Anschauung findet Hr. Dr. K. es viel wahrscheinlicher, daſs der *Fibreno,* der 4 Miglien östlich von *Sora* entspringt, und zwar aus einem unmittelbar am Fuſse einer hohen steilen Bergwand liegenden Becken von vielen Hundert Fuſsen im Durchmesser, seinen Ursprung dem Fuciner See verdanke.

XVII. *Ueber den Zirknitzer See.*

Im fünften Bande der Wiener „Zeitschrift für Physik etc." giebt Hr. Gymnasial-Lehrer Leander Knöpfer eine Beschreibung des Zirknitzer Sees, wie er ihn bei einem Besuch im August 1837 angetroffen hat. Wir sahen uns vergebens nach einem Wasserspiegel um, heist es darin, der einem See ähnlich gewesen wäre, als der Ort *Zirknitz* mit den umliegenden Dörfern in der Ebene vor unseren Blicken lag; bloſs an dem gegenüberliegenden Gebirg zog sich der Länge nach ein weiſser Streif, in der Entfernung einer sandigen Steppe ähnlich, hin. Dieſs war das eigentlich tiefere Seebett, wo das wenige noch zurückgebliebene Wasser in einzelnen groſsen Rinnsälen, die künstlich gegrabenen Kanälen glichen, und den Uebergang lange Strecken aufwärts unmöglich machten, mehren gröſseren Mündungen zufloſs, in die es mit ziemlichem Gepolter hinabstürzte. Zwei von diesen Durchbrüchen zeichneten sich durch einen besonders weiten Umfang und eine beträchtliche Tiefe aus. Mehre, vielleicht alle, Abflüsse mögen sich in ihrem unterirdischen Lauf bald zu einem und demselben Kanale vereinigen, bald auch wieder trennen, je nachdem sich die Gewalt des Wassers durch seinen natürlichen Druck in dem verwitterten und durchlöcherten Kalksteinlager Durchgänge zu verschaffen vermochte. Endlich kommt das Wasser in *Freudenthal* bei *Ober-Laibach* aus mächtigen Quellen wieder zum Vorschein und bildet durch sein Zusammenströmen in Ein Rinnsal den *Laibacher Fluſs*, der mit Ausnahme jener Zeit, durch welche der See trocken liegt, gleich bei seinem Ursprunge schiffbar ist. Da der ganze Thalgrund, in welchem der See sich befindet, ringsum von Gebirgen, Zweigen der Iulischen Alpen, eingeschlossen ist, also, daſs das von der ganzen Umgegend hier zusammenströmende Wasser an keiner niederen Stelle desselben einen Abfluſs findet, so hatte die Natur, wie an vielen andern Orten unter denselben Verhältnissen, auch hier einen groſsen tiefen See gebildet, der erst in der Höhe von mehren hundert Schuhen gegen Nordost seinen Abfluſs gefunden hätte, würde nicht der mürbe und durchlöcherte Grund dem Wasser unter der Erde einen

Durchgang gestattet haben. Wird die Masse des zufliefsenden Wassers kleiner, wie im hohen Sommer, mithin der unterirdische Abflufs bedeutender als der Gesammtzuschufs, so sinkt der See wie ein künstlich abgelassener Teich, und zwar um so schneller, je geringer der Zuschufs wird. Entleeren sich in dieser Zeit starke Gewitter über der Gegend, oder hält der Regen an, so hört das Fallen des Sees auf, der Wasserstand bleibt entweder einige Zeit hindurch ohne merklichen Unterschied, oder steigt gar wieder und erfüllt neuerdings das ganze Becken. Aus dem Gesagten leuchtet ein, dafs sich keine bestimmte Zeit angeben läfst, wann der See abfliefse oder mit Wasser wieder angefüllt werde. Eben so begreiflich ist, dafs das mit Gewalt durch die unterirdischen Kanäle sich drängende Wasser die Höhlungen in dem morschen Kalkstein immer mehr erweitere, kleinere oder gröfsere Trümmer an den Seitenwänden ablöse und mit sich fortreifse, und dafür an engen Stellen den Abflufs oft auf einige Zeit hemme. So fliefst heut zu Tage das Wasser, wenn einmal der See zu sinken beginnt, in viel kürzerer Zeit ab, als vor 150 Jahren, braucht aber, um den See zu füllen, auch länger wie damals. Es läfst sich daher mit grofser Wahrscheinlichkeit, fast mit Gewifsheit annehmen, dafs mit der Zeit, vielleicht erst im Laufe von Jahrhunderten, der Zirknitzer See gänzlich aufhören werde etc.

Der Verfasser hat hiebei besonders die lobenswerthe Absicht, die wunderbaren Erzählungen, welche sich in den älteren Werken von Sartori, Valvassor etc. finden, und noch vor wenigen Jahran von einigen Schriftstellern wiederholt wurden, zu berichtigen, und namentlich die Angabe zu widerlegen, als habe der Ab- und Zuflufs des Sees etwas Periodisches, auf Tag und Stunde Abgemessenes, und als dringe das Wasser aus denselben Löchern wieder hervor, aus denen es abgeflossen sey. Er fügt zu dem Ende noch folgende Nachricht bei. Die Karthäuser zu Freudenthal, denen die damaligen Herren von Zirknitz, die Fürsten von Eggenberg, gegen Ende des 17. Jahrhunderts, die Fischgerechtigkeit des Sees zuerkannt und abgetreten hatten, wufsten, was so eben über den See und seinen Abflufs gesagt, recht wohl zu ihrem Vortheil zu benutzen, mufsten also auch eine richtige Kenntnifs darüber besitzen. Ihre strenge Ordensregel versagte ihnen allen Genufs von Fleischspeisen; deshalb hatte für sie

ein reicher Fischfang in allen Jahreszeiten einen vorzüglich hohen Werth. Darum war ihnen das Abfliefsen des Sees höchst ungelegen. Sie suchten es zu verhindern und liefsen bei leerem Seeboden alle Oeffnungen mit eisernen Gittern überlegen, Steinplatten mit Thon zu wiederholten Malen darauf befestigen und die Gruben mit Erde füllen. Auf diese Weise gelang es ihnen wirklich den See oft Jahre lang bei hohem Wasserstand zu erhalten, was nicht möglich gewesen wäre, wenn es mit Valvassor's Angabe von einem „Seepfuhle" unter dem See seine Richtigkeit gehabt. Unermüdet suchten die Mönche alle Durchbrüche, welche sich von Zeit zu Zeit wieder zeigten, neuerdings zu verstopfen, bis ihre Aufhebung den See seinem Schicksale überliefs.

Ohne Zweifel ist die hier ausgesprochene Ansicht ganz naturgetreu, und, wenn sie nicht allgemein verbreitet seyn sollte, ihre Veröffentlichung auch zeitgemäfs. Indefs ist doch zu bemerken, dafs Tobias Gruber, der im April 1773 den Zirknitzer See besuchte, in seinen *„Briefen hydrographischen u. physikalischen Inhalts aus Krain"* (Wien 1781) schon in der Hauptsache dieselbe Meinung aufgestellt hat. Seine umständliche und durch Abbildungen erläuterte Beschreibung des Sees stimmt im Wesentlichen mit der des Hrn. K. vollkommen überein. Auch nach ihm sind es vorzüglich zwei am Fufs des Berges *Javornik* (*Jauernik*) befindliche, mächtige Höhlen *Vranja jama* und *Sucha dulza* (*Seka dulka*), aus denen das Wasser, wenn viel Regen auf das Gebirge gefallen, oder viel Schnee daselbst geschmolzen ist, mit großer Gewalt hervorstürzt und dem See zueilt, und eben so, aufser vielen kleinen Löchern, besonders zwei Schlünde am Ostende des Sees, die *grofse* und *kleine Karlauza* (*Mala* und *Velka Karlouza*) durch die dasselbe wieder abfliefst. Uebrigens sah auch Gruber den See nur zur Zeit seiner Ebbe; es wäre daher wohl zu wünschen, dafs ein Naturforscher einmal Zeuge seiner Anschwellung seyn könnte.

Berichtigung. S. 337 Z. 2 st. *schmilzt* l. *siedet*.

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

Bd. I. ERGÄNZUNG. St. 3.

I. *Funfzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität;*

von Michael Faraday

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Philos. Transact. f.* 1839 *pt. I.*)

§. 23. Ueber den Charakter und die Richtung der elektrischen Kraft des Gymnotus.

1749. So wundervoll die Gesetze und Erscheinungen der Elektricität sind, wenn sie sich in unorganischer oder todter Materie offenbaren, so kann doch das Interesse an denselben kaum einen Vergleich ertragen mit dem, welches sie erregen, wenn sie mit dem Nervensystem und dem Leben verknüpft sind. Und wenn auch die Dunkelheit, die für jetzt den Gegenstand umgiebt, die Wichtigkeit desselben zur Zeit verdecken mag, so muſs doch jeder Fortschritt in unserer Kenntniſs von dieser mächtigen Kraft in ihren Bezug auf träge Masse (*inert things*) dazu beitragen, jene Dunkelheit zu zerstreuen, und das ungemeine Interesse dieses erhabenen Zweiges der Physik einleuchtender zu machen. In der That sind wir nur an der Schwelle der Kenntnisse, die, wie sich ohne Anmaſsung glauben läſst, dem Menschen über diesen Gegenstand erlaubt sind; und die vielen ausgezeichneten Physiker, welche zur Kunde desselben beigetragen haben, wie aus ihren Schriften deutlich hervorgeht, dieſs bis zum letzten Augenblick empfunden.

1750. Seit wir das Daseyn und die Lebensweise von Thieren, die, wie die Elektrisirmaschine, die Volta'sche Batterie und der Blitz, das Nervensystem zu erschüttern vermögen, durch Richer, S'Gravesande,

Firmin, Walsh, A. v. Humboldt u. A. kennen gelernt, hat es ein steigendes Interesse erlangt, die Lebenskraft dieser Thiere als einerlei mit der Kraft, die wir aus träger Materie hervorrufen und Elektricität nennen (265. 351), nachzuweisen. Für den *Zitterrochen* (*Torpedo*) ist diefs zur Genüge gethan, und die Richtung des Stroms der Kraft bestimmt durch die vereinigten und folgweisen Arbeiten von Walsh [1]), Cavendish [2]), Galvani [3]), Gardini [4]), A. v. Humboldt und Gay-Lussac [5]), Todd [6]), Humphry Davy [7]), John Davy [8]), Becquerel [9]) und Matteucci [10]).

1751. Auch der *Gymnotus* (*Zitteraal*) ist zu demselben Zweck untersucht worden, und die Versuche von Williamson [11]), Garden [12]), A. v. Humboldt [13]), Fahlberg [14]) und Guisan [15]) sind in dem Nachweis über die Einerleiheit der elektrischen Kraft dieses Thiers mit der gewöhnlichen Elektricität sehr weit gediehen; die beiden letzten Physiker haben sogar Funken erhalten.

1752. Der Gymnotus scheint zu ferneren Untersu-

1) *Philosoph. Transact.* 1773 *p.* 461.

2) *Ibid.* 1776 *p.* 196.

3) Aldini's *Essai sur le Galvanisme T. II p.* 61.

4) *De Electrici ignis Natura* §. 71. *Mantua*, 1792.

5) *Ann. de chimie T. XIV p.* 15. (Gilb. Ann. T. XXII p. 1.)

6) *Phil. Transact.* 1816 *p.* 120.

7) *Ibid.* 1829 *p.* 15. (Ann. Bd. XVI S. 311.)

8) *Ibid.* 1832 *p.* 259 (Ann. Bd. XXVII S. 542) und 1834 *p.* 531.

9) *Traité de l'électricité T. IV p.* 264.

10) *Biblioth. universelle* 1837 *T. XII p.* 163 (vergl. Ann. Bd. XXXIX S. 485; auch Colladon ebendaselbst S. 411. *P.*)

11) *Phil. Transact.* 1775 *p.* 94.

12) *Ibid.* 1775 *p.* 102.

13) *Relat. hist. edit.* 4 *T. II p.* 187 *chap. XVII.*

14) *Vetensk. Acad. Handlingar* 1801 *p.* 122. (Gilb. Ann. Bd. XIV S. 416.

15) *De Gymnoto electrico*, *Tubingae* 1819.

chungen in diesem (*refined*) Zweige der Wissenschaft, in gewissen Beziehungen, besser geeignet zu seyn, als die Torpedo, besonders weil er, wie schon A. v. Humboldt bemerkt, Einsperrung erträgt, und sich länger lebend und gesund aufbewahren läfst. Einen Gymnotus hat man schon mehre Monate in Thätigkeit erhalten, während J. Davy die Torpedo nicht über 12 bis 15 Tage aufbewahren konnte; ja Matteucci war nicht im Stande von 116 Zitterrochen einen einzigen länger als drei Tage lebend zu erhalten, obwohl alle Umstände zu ihrer Aufbewahrung günstig waren [1]). Gymnoten zu erlangen, war daher eine Sache von Wichtigkeit. Angeregt sowohl als geehrt durch sehr gütige Mittheilungen des Hrn. A. von Humboldt [2]), wandte ich mich im J. 1835 an das Colonial-Amt, mir einige dieser Thiere zu verschaffen, was mir denn auch versprochen wurde.

1753. Seit dem hat auch Sir Everard Home einen Freund beauftragt, einige Gymnoten herzusenden, und andere Herren haben sich zu gleichem Zwecke bemüht. Dieser Eifer veranlafst mich, aus einem Schreiben des Hrn. A. v. Humboldt, dasjenige mitzutheilen, was ich auf meine Frage, wie man diese Thiere am besten über den Ocean herschaffe, zur Antwort empfing. Er sagt: „Die Gymnoten, welche in den Llanos von Caracas (unweit Calabozo) in allen kleinen Zuflüssen des Orinoco, im englischen, französischen und holländischen Guiana häufig vorkommen, sind nicht schwierig zu transportiren. Wir verloren sie in Paris nur so bald, weil sie, unmittelbar nach ihrer Ankunft zu sehr (durch Versuche) angestrengt wurden. Die HH. Norderling und Fahlberg hielten sie zu Paris vier Monate lang lebend. Ich würde rathen, sie aus Surinam (Essequibo, Demerara, Cayenne) im Sommer herüberzuschaffen, denn der Gymnotus lebt in seinem Vaterlande im Wasser von 25° C. Einige sind fünf

1) *Biblioth. univers.* 1837 *T. XII p.* 174.

2) Vergl. Ann. Bd. XXXVII S. 241.

Fuſs lang, allein ich würde rathen, die von 27 bis 28 Zoll auszuwählen. Ihre Kraft ist veränderlich nach ihrer Nahrung und ihrer Ruhe. Da sie nur einen kleinen Magen haben, so essen sie wenig und oft; ihre Nahrung besteht aus gekochtem Fleisch, *ungesalzenen* kleinen Fischen und selbst Brot. Ehe man sie einschifft, hat man ihre Stärke und die passendsten Nahrungsmittel zu prüfen, auch muſs man nur solche Fische aussuchen, die schon an die Gefangenschaft gewöhnt sind. Ich bewahrte sie in einem Kasten oder Trog von etwa vier Fuſs Länge und 16 Zoll Breite und Höhe. Das Wasser muſs *süſses* seyn, und alle drei bis vier Tage erneut werden. Man darf den Fisch nicht hindern an die Oberfläche zu kommen, denn er liebt es Luft zu schöpfen. Rund um den Trog muſs ein Netz gezogen werden, denn der Gymnotus springt oft zum Wasser heraus. Das sind alle Vorschriften, die ich Ihnen zu geben weiſs. Es ist jedoch *wichtig*, daſs das Thier nicht gequält oder angestrengt werde, denn durch häufige elektrische Entladungen erschöpft es sich. In demselben Troge können mehre Gymnoten aufbewahrt werden."

1754. Kürzlich ist durch Hrn. Porter ein Gymnotus nach England gebracht, und von den Eigenthümern der Gallerie in der Adelaide-Straſse gekauft worden. Dieselben hatten sogleich die Güte, mir den Fisch zum Behufe einer wissenschaftlichen Untersuchung anzubieten, und ihn für die Zeit ganz zu meiner Verfügung zu stellen, damit seine Kräfte (den Vorschriften des Hrn. A. v. Humboldt gemäſs (1753)) nicht geschwächt werden möchten. Unterstützt von den HH. Bradley und Gassiot, zuweilen auch von den HH. Daniell, Owen und Wheatstone, ist es mir gelungen, an diesem Exemplare die Identität der Kraft des Gymnotus mit der gemeinen Elektricität in jeder Hinsicht nachzuweisen (265. 351 etc.). Alle diese Beweise sind schon früher mit der Torpedo (1750) erhalten, und einige, wie z. B. Schläge, Ströme

(*circuit*), Funken (1751), auch mit dem Gymnotus; dennoch glaube ich, dafs der K. Gesellschaft ein kurzer Bericht von den Resultaten angenehm seyn werde; ich gebe sie als nothwendige vorläufige Versuche zu der Untersuchung, die ich hoffe nach Ankunft der erwarteten Thiere (1752) anstellen zu können.

1755. Der Fisch ist vierzig Zoll lang. Er wurde im März 1838 gefangen und am 15. August in die Gallerie gebracht, wurde aber von der Zeit seiner Gefangennehmung bis zum 19. October nicht gefüttert. Vom 24. August an that Hr. Bradley jeden Abend etwas Blut in das Wasser, und gab ihm jeden Morgen frisches Wasser; auf diese Weise bekam das Thier vielleicht einige Nahrung. Am 19. October tödtete und frafs es vier kleine Fische; seitdem wurde ihm kein Blut mehr gegeben, es nahm nun sichtlich zu und verzehrte im Durchschnitt täglich einen Fisch [1]).

1756. Ich experimentirte zuerst mit ihm am 3. September, da er anscheinend matt war, aber starke Schläge gab, als man die Hände zweckmäfsig auf ihn legte (1760. 1773 etc.). Die Versuche wurden an vier verschiedenen Tagen gemacht, in Zwischenzeiten der Ruhe von einem Monat bis zu einer Woche. Seine Gesundheit schien sich fortwährend zu bessern, und während dieser Zeit, zwischen dem dritten und vierten Tag, begann er zu fressen.

1757. Aufser den Händen wurden zwei Arten von Collectoren angewandt. Die eine Art bestand aus zwei Kupferstäben, jeder 15 Zoll lang, mit einer Kupferscheibe von $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser an einem Ende, und einem Kupfercylinder, als Handhabe, an dem andern. Von der Scheibe aufwärts waren die Stäbe mit einer dicken Kautschuckröhre umgeben, um sie von dem Wasser zu isoliren. Durch diese konnten einzelne Theile des Fisches, während er im Wasser war, untersucht werden.

1) Die verzehrten Fische waren: Gründlinge, Karpfen und Barse.

1758. Die andere Art von Collectoren bezweckte die Schwierigkeit zu heben, die mit der vollständigen Eintauchung des Fisches in Wasser verknüpft ist. Denn selbst wenn ich den Funken bekam, hielt ich mich nicht überhoben, den Fisch in die Luft zu bringen. Eine Kupferplatte, 8 Zoll lang und 2½ Zoll breit, wurde sattelförmig gebogen, damit sie über den Fisch griff und eine gewisse Strecke des Rückens und der Seiten einschloſs, und daran war ein dicker Kupferdraht gelöthet, um die elektrische Kraft zu dem Experimentir-Apparat zu leiten. Ein Wamms von Tafel-Kautschuck (*jacket of sheet caoutchouc*) wurde auf dem Sattel befestigt; die Ränder desselben ragten am Boden und an den Enden hervor, die Enden convergirten, um in gewissem Grade sich an den Körper des Fisches zu legen, und die unteren Ränder federten gegen eine horizontale Fläche, auf welche die Sättel gestellt wurden. Der etwa in das Wasser kommende Theil des Drahts war mit Kautschuck überzogen.

1759. Diese Collectoren, auf den Fisch gesetzt, sammelten hinreichend Kraft, um viele elektrische Effecte zu erhalten. Wenn aber, um z. B. Funken zu erlangen, jeder mögliche Vortheil nöthig war, wurden Glasplatten auf den Boden des Wassers gelegt, und, wenn der Fisch über ihnen war, die Conductoren auf ihn gesetzt, bis die unteren Kautschuckränder auf dem Glase ruhten, so daſs der Theil des Thiers innerhalb des Kautschucks fast so gut isolirt war, wie wenn es sich in der Luft befunden hätte.

1760. *Schläge.* Die Schläge dieses Thieres waren sehr kräftig, wenn die Hände in günstiger Lage auf dasselbe gesetzt wurden, d. h. eine auf den Körper, nahe am Kopf, die andere nahe am Schwanz. Je näher die Hände, bis zu gewisser Gränze, an einander gebracht waren, desto weniger stark war der Schlag. Die Scheiben-Collectoren führten die Schläge sehr gut zu den Händen, wenn diese angefeuchtet und mit den cylindrischen Hand-

haben in genauer Berührung waren, dagegen fast gar nicht, wenn die Handhaben auf gewöhnliche Weise mit trocknen Händen angefafst wurden.

1761. *Galvanometer.* Bei Anwendung der sattelförmigen Collectoren, einen auf den Vordertheil, den andern auf den Hintertheil des Gymnotus gesetzt, wurde leicht auf ein Galvanometer eingewirkt. Dieses war nicht besonders empfindlich, denn ein Plattenpaar, Zink und Platin, zwischen welches die Zunge gesteckt worden, bewirkte keine gröfsere bleibende Ablenkung als 25°; dann betrug, wenn der Fisch einen starken Schlag gab, die Ablenkung 30°, und einmal sogar 40°. Die Ablenkung hatte beständig einerlei Richtung, indem der Strom immer von dem Vordertheil des Thiers durch das Galvanometer nach dem Hintertheil ging. Der erstere war daher nach aufsen positiv, der letztere negativ.

1762. *Magnetisirung.* Als eine kleine Schraube, aus 22 Fufs beseideten, um eine Federpose gewickelten Kupferdraht, in die Kette gebracht, und eine angelassene Stahlnadel hineingelegt worden, wurde diese magnetisch, und ihre Polarität entsprach jedesmal einem Strom von dem Vordertheil des Gymnotus durch die angewandten Leiter nach dem Hintertheil.

1763. *Chemische Zersetzung.* Eine polare Zersetzung der Jodkalium-Lösung war leicht zu erhalten. Drei- oder vierfach zusammengeschlagenes Papier, mit der Lösung befeuchtet (322), wurde zwischen eine Platinplatte und das Ende eines Platindrahts gebracht, die beide mit den sattelförmigen Collectoren (1758) verbunden waren. Sobald der Draht mit dem Collector auf dem Vordertheil des Gymnotus verbunden ward, erschien an seinem Ende Jod; war er dagegen mit dem andern Collector verbunden, so schied sich nichts aus an der Stelle des Papiers, wo es zuvor erschien. Die Richtung des Stroms war also auch hier die nämliche, wie bei den früheren Proben.

1764. Durch dieses Prüfmittel verglich ich den Mitteltheil des Fisches mit andern Theilen, vorderen und hinteren, und fand dadurch, dafs der auf die Mitte gesetzte Collector *A* negativ war gegen den Collector *B*, wenn dieser auf den vorderen Theilen stand, dagegen positiv gegen *B*, wenn dieser auf Theile näher am Schwanz gestellt war. Innerhalb gewisser Gränzen scheint demnach der Zustand des Fisches, zur Zeit des Schlages nach aufsen, ein solcher zu seyn, dafs jeder Theil gegen die vorderen *negativ*, und gegen die hinteren *positiv* ist.

1765. *Wärme-Erregung*. Bei Anwendung eines Harris'schen Thermo-Elektrometers, das Hrn. Gassiot gehörte, glaubten wir einmal, als die Ablenkung des Galvanometers 40° betrug (1761), eine schwache Temperatur-Erhöhung zu bemerken. Ich selbst beobachtete indefs das Instrument nicht, und einer von denen, welcher zuerst die Wirkung gesehen haben wollte, bezweifelt sie jetzt [1]).

1766. *Funken*. Er wurde folgendermafsen erhalten. Ein gutes magneto-elektrisches Gewinde mit einem Kern von weichem Eisen, war mit einem Ende befestigt an einem der sattelförmigen Collectoren (1758), und mit dem andern an einer neuen Stahlfeile, während man eine zweite Feile mit dem Ende des anderen Collectors verbunden hatte. Eine Person rieb die Feilen an einander, während eine zweite die Collectoren auf den Fisch setzte, und ihn zur Thätigkeit anzureizen suchte. Durch die Reibung der Feilen wurde der Contact sehr oft unterbrochen und wiederhergestellt, was den Zweck hatte, den Moment zu erhaschen, wo der Strom durch den Draht und das Gewinde ging, und durch Unterbrechung des Contacts, *während des Stroms*, die Elektricität als Funke sichtbar zu machen.

1767. Viermal erschien ein Funke und fast alle An-

1) Bei späteren Versuchen derselben Art konnten wir die Wirkung nicht erhalten.

wesenden sahen ihn. Dafs er nicht von der blofsen Reibung der Feilen herrührte, zeigte sich dadurch, dafs diese allein, ohne den Fisch, einen solchen nicht lieferten. Späterhin nahm ich statt der unteren Feile eine rotirende Stahlplatte, die an einer Seite feilförmig geschnitten war, und statt der oberen Feile einen Draht von Eisen, Kupfer oder Silber. Mit jedem wurde dann ein Funke erhalten [1]).

1768. Das waren die allgemeinen elektrischen Erscheinungen, die von diesem Gymnotus, während er in seinem natürlichen Element lebte, erhalten wurden. Zu verschiedenen Malen wurden mehre derselben zugleich erhalten. So wurde durch eine einzige Entladung der elektrischen Kraft des Thiers eine Stahlnadel magnetisirt, das Galvanometer abgelenkt und vielleicht ein Draht erhitzt.

1769. Ein ferneres, doch kurzes Detail von Versuchen über die Quantität und Anordnung (*Disposition*) der Elektricität in und an diesem wunderbaren Thiere wird hier, glaube ich, nicht am unrechten Orte stehen.

1770. Wenn der Schlag stark ist, ähnelt er dem einer grofsen, schwach geladenen Leidner Batterie, oder dem einer guten Volta'schen Batterie von vielleicht hundert oder mehren Plattenpaaren, die nur einen Moment geschlossen ist. Ich bemühte mich, eine Idee von der Elektricitäts*menge* zu bekommen, indem ich eine grofse Leidner Batterie verband (291) mit zwei Messingkugeln von über drei Zoll im Durchmesser, die in einer Röhre mit Wasser sieben Zoll auseinander standen, so dafs sie diejenigen Theile des Gymnotus vorstellen möchten, auf welche die Collectoren gesetzt wurden; um die Intensi-

1) Bei einer späteren Zusammenkunft, in welcher wir versuchten, die Anziehung von Goldblättchen hervorzubringen, wurde der Funke direct zwischen zwei festen Flächen erhalten. Das Inductionsgewinde (1766) wurde entfernt und nur (verhältnifsmäfsig) kurze Drähte angewandt.

tät der Entladung zu schwächen, war anderswo eine (*six-fold*) dicke und acht Zoll lange feuchte Schnur in den Bogen eingeschaltet, was für nöthig gefunden wurde, um zu verhüten das leichte Auftreten von Funken an den Enden der Collectoren (1758), wenn sie, wie es früher bei dem Fisch geschah, in dem Wasser nahe bei den Kugeln angewandt wurden. Wenn nach dieser Vorkehrung die Batterie stark geladen und darauf entladen wurde, während die Hände nahe bei den Kugeln in das Wasser gesteckt waren, wurde ein Schlag gefühlt, der dem von dem Fisch sehr ähnelte. Der Versuch macht zwar keinen Anspruch auf Genauigkeit, allein da die Spannung, vermöge der mehr oder weniger leichten Funken-Erzeugung, in gewissem Grade nachgeahmt, und aus dem Schlage geschlossen werden konnte, ob die Menge ungefähr die nämliche war, so glaube ich, dürfen wir folgern, dafs eine einzige mittlere Entladung des Fisches wenigstens gleich ist der Elektricität einer aufs Höchste geladenen Leidner Batterie von 15 Flaschen, die an beiden Seiten eine Belegung von 3500 Quadratzoll darbieten (291). Der Schlufs hinsichtlich der grofsen Elektricitätsmenge in einem einzigen Schlag des Gymnotus stimmt vollkommen überein mit dem Grade von Ablenkung, welche derselbe einer Magnetnadel ertheilen kann (367. 860. 1761), so wie auch mit dem Betrage der chemischen Zersetzung bei Elektrolysirungs-Experimenten (374. 860. 1763).

1771. So grofs auch die Kraft in einem einzigen Schlage ist, so giebt doch der Gymnotus, wie v. Humboldt beschreibt und auch ich erfahren habe, einen doppelten und dreifachen Schlag; diese Fähigkeit, sogleich die Wirkung mit einer kaum merkbaren Zwischenzeit zu wiederholen, ist sehr wichtig für die Betrachtungen über den Ursprung und die Erregung der Kraft in dem Thiere. Walsh, v. Humboldt, Gay-Lussac und Mateucci

haben dasselbe bei der Torpedo bemerkt, jedoch in einem weit auffallenderen (*fare more stricking*) Grade.

1772. Da in dem Moment, wo der Fisch einen Schlag beabsichtigt, die vorderen Theile positiv und die hinteren negativ sind, so kann daraus gefolgert werden, dafs ein Strom vorhanden ist von jenen zu diesen durch jeden Theil des Wassers, welches das Thier bis zu einem beträchtlichen Abstande umgiebt. Der Schlag, den man empfängt, wenn die Hände in der günstigsten Lage sind, ist also nur die Wirkung eines sehr kleinen Theils, der in diesem Augenblick von dem Thier entwickelten Elektricität; bei weitem der gröfste Theil geht durch das umgebende Wasser. Dieser ungeheure Aufsenstrom mufs in dem Fisch begleitet seyn von einer einem Strom *äquivalenten* Wirkung, welche die Richtung von dem Schwanz zu dem Kopfe hat und gleich ist der Summe *aller dieser äufseren Kräfte*. Ob der Procefs des Entwickelns und Erregens der Elektricität in dem Fisch die Erzeugung dieses inneren Stroms (der nicht nothwendig so schnell und momentan als der äufsere zu seyn braucht) einschliefse, mufs für jetzt dahingestellt bleiben; allein zur Zeit des Schlags hat das Thier anscheinend nicht die elektrischen Empfindungen, welche er in seinen Umgebungen veranlafst.

1773. Mit Hülfe der Fig. 1 Taf. V will ich einige experimentelle Resultate angeben, welche den den Fisch umgebenden Strom erläutern und zeigen, weshalb der Schlag durch die verschiedenen Verbindungsweisen der Person mit dem Thier, oder durch die verschiedene Lage derselben gegen dieses in seinem Charakter abgeändert wird. Der grofse Kreis stellt den Kübel vor, in welchem das Thier enthalten ist; er hält 46 Zoll im Durchmesser; die Wassertiefe beträgt 3,5 Zoll; er ruht auf drei trocknen Füfsen. Die Zahlen bezeichnen die Orte, wo die Hände oder scheibenförmigen Conductoren (1757)

angebracht wurden, und wenn sie dicht an dem Thiere stehen, bedeuten sie, dafs dieses berührt wurde. Die verschiedenen Personen will ich durch *A*, *B*, *C etc.* bezeichnen; *A* ist die den Fisch zur Wirkung reizende Person.

1774. Wenn nur eine Hand im Wasser war, wurde der Schlag auch nur in dieser gefühlt, an was für einen Theil des Fisches sie auch angebracht ward. Er war nicht sehr stark und nur in dem in Wasser getauchten Theile fühlbar. Bei Eintauchung der Hand und eines Theils vom Arm wurde der Schlag in allen eingetauchten Theilen verspürt.

1775. Befanden sich *beide* Hände im Wasser und an *denselben* Theilen des Fisches, so war der Schlag noch verhältnifsmäfsig schwach und blofs in den eingetauchten Theilen spürbar. Dasselbe fand statt, wenn die Hände an gegenüberliegenden Theilen, wie in 1 und 2, oder 3 und 4, oder 5 und 6 waren, oder die eine unter und die andere über diesen Stellen. Wurden die Scheiben-Collectoren an diesen Stellen angewandt, so fühlte die sie haltende Person nichts (übereinstimmend mit Gay-Lussac's Beobachtung an der Torpedo [1])), während andere Personen, mit beiden Händen in einiger Entfernung vom Fisch, beträchtliche Schläge erhielten.

1776. Wurden beide Hände oder Scheiben-Collectoren an Stellen gelegt, die durch einen Theil der Länge des Thieres getrennt waren, wie an 1 und 3, oder 4 und 6, oder 3 und 6, so erfolgten starke Schläge, die sich bis zu den Armen des Experimentators ausdehnten, obwohl eine andere Person, mit einer einzigen Hand an irgend einer dieser Stellen, verhältnifsmäfsig wenig fühlte. Aus Theilen, die, wie 8 und 9, dem Schwanz sehr nahe waren, liefsen sich Schläge erhalten. Ich glaube, sie waren am stärksten bei etwa 1 und 8. So wie die Hände näher zusammengebracht wurden, nahm die Wirkung ab,

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XIV, p.* 18.

und wenn sie in denselben Querschnitt gekommen, war dieselbe, wie schon erwähnt, nur in den eingetauchten Theilen spürbar (1775).

1777. *B* brachte die Hände nach 10 und 11, wenigstens 4 Zoll vom Fische, während *A* denselben mit einem Glasstab berührte, um ihn zur Wirkung zu reizen; alsbald erhielt *B* einen kräftigen Schlag. Bei einem andern Versuch, ähnlicher Art, in Bezug auf die Unnöthigkeit der Berührung des Fisches, erhielten mehre Personen unabhängig von einander Schläge, so *A* in 4 und 6, *B* in 10 u. 11, *C* in 16 u. 17, *D* in 18 u. 19. Alle wurden auf einmal erschüttert, *A* u. *B* sehr satrk, *C* u. *D* schwach. Bei Versuchen mit dem Galvanometer oder anderen instrumentellen Vorrichtungen ist es sehr nützlich, daſs eine Person ihre Hände in mäſsiger Entfernung vom Thiere in Wasser halte, damit sie erfahre und benachrichtige, wann eine Entladung stattfinde.

1778. Wenn *B* beide Hände in 10 und 11 oder 14 und 15 hatte, während *A* nur eine Hand in 1 oder 3 oder 6 hielt, so empfing der Erstere einen starken Schlag, der Letztere dagegen nur einen schwachen, obwohl er den Fisch berührte. Dasselbe geschah, wenn *A* beide Hände in 1 und 2, oder 3 und 4, oder 5 und 6 hielt.

1779. Hielt *A* beide Hände in 3 und 5, *B* in 14 und 15, und *C* in 16 und 17, so empfing *A* den stärksten Schlag, *B* den weniger starken und *C* den schwächsten.

1780. Wenn *A* den Gymnotus in 8 u. 9 mit den Händen reizte, während *B* die seinigen in 10 u. 11 hielt, so empfing der Letztere einen weit stärkeren Schlag als der Erstere, obwohl dieser das Thier berührte und reizte.

1781. *A* reizte den Fisch durch die eine Hand bei 3, *B* hatte die Hände bei oder längs 10 und 11, und *C* die seinigen in oder quer bei 12 und 13. Dann bekam *A* einen prickelnden Schlag nur in der eingetauchten Hand (1774), *B* einen stärkern Schlag hinauf zu den

Armen, und *C* blofs in den eingetauchten Theilen eine schwache Wirkung.

1782. Die eben beschriebenen Versuche sind von der Art, dafs sie viele Wiederholungen bedürfen, ehe mit Sicherheit allgemeine Schlüsse aus ihnen gezogen werden können. Auch behaupte ich nicht, dafs sie mehr seyen als Anzeigen über die Richtung der Kraft. Es ist nicht ganz unmöglich, dafs der Fisch das Vermögen besitze, jedes seiner vier elektrischen Organe einzeln in Wirksamkeit zu setzen, und so bis zu einem gewissen Grade den Schlag zu lenken, d. h. den elektrischen Strom von einer Seite auszusenden, und zugleich die andere Seite seines Körpers in solchen Zustand zu versetzen, dafs er sich in dieser Richtung als ein Nichtleiter verhalte. Allein ich glaube, die Erscheinungen und Resultate sind von der Art, dafs sie den Schlufs verbieten, er habe eine Controle über die Richtung der Ströme, nachdem sie in die Flüssigkeit und die ihn umgebenden Substanzen eingetreten sind.

1783. Die Angaben gelten auch nur, wenn der Fisch gerade ausgestreckt liegt, denn wenn er sich gekrümmt hat, sind die Kraftlinien um ihn in ihrer Intensität verschieden, in einer Weise, die sich theoretisch voraussetzen läfst. Werden die Hände z. B. in 1 und 7 angebracht, so steht ein schwächerer Strom in den Armen zu erwarten, wenn der Fisch mit dieser Seite nach innen gekrümmt ist, als wenn er ausgestreckt liegt, weil der Abstand zwischen den Theilen verringert worden, und das dazwischen befindliche Wasser deshalb mehr von der Kraft leitet. Was aber die zwischen 1 und 7 *in das Wasser eingetauchten* Theile oder Thiere, wie Fische, betrifft, so werden sie stärker, statt schwächer, erschüttert.

1784. Aus allen Versuchen, so wie aus einfachen Betrachtungen ist klar, dafs alles Wasser und alle den Fisch umgebenden leitenden Substanzen, durch welche

eine Entladungskette in irgend einer Weise geschlossen werden kann, in dem Moment mit circulirender elektrischer Kraft erfüllt ist; und dieser Zustand läfst sich im Allgemeinen leicht durch Zeichnung der Linien der Inductionswirkung (1231. 1304. 1338) veranschaulichen. Bei einem auf allen Seiten gleichmäfsig vom Wasser umgebenen Gymnotus werden sie im Allgemeinen wie die magnetischen Curven eines Magneten angeordnet seyn, und dieselbe gerade oder krumme Gestalt wie das Thier haben, vorausgesetzt, dafs dieses, wie zu erwarten steht, seine elektrischen Organe auf einmal gebrauche.

1785. Dieser Gymnotus vermag Fische zu betäuben und zu tödten, die sich in verschiedenen Lagen gegen seinen Körper befinden; allein einst als ich ihn fressen sah, schien mir seine Wirkung eigenthümlich. Ein lebender, etwa fünf Zoll langer Fisch wurde in den Kübel gethan. Augenblicklich schwang sich der Gymnotus herum, so dafs er einen den Fisch einschliefsenden Ring (*coil*) bildete, von dem der Letztere den Durchmesser bildete; er gab einen Schlag und sogleich war der Fisch in der Mitte des Wassers bewegungslos, wie vom Blitz getroffen, mit der Seite nach oben schwimmend. Der Gymnotus machte ein oder zwei Mal die Runde, um nach seiner Beute zu sehen, verschluckte sie, nachdem er sie gefunden, und suchte dann nach mehr. Ein zweiter kleiner Fisch, der ihm gegeben ward und auf dem Transport verletzt worden, zeigte nur wenig Lebenszeichen und wurde von ihm auf einmal verschluckt, anscheinend ohne von ihm Schläge zu erhalten. Dafs der Gymnotus sich hier um seine Beute schlang, hatte ganz das Ansehen, wie wenn darin eine Absicht läge, die Kraft des Schlages zu verstärken, und offenbar war es dazu aufserordentlich wohl geeignet (1783), da es völlig übereinstimmt mit wohlbekannten Gesetzen der Entladung von Strömen in Massen von leitenden Substanzen; und obwohl der Fisch

diesen Kunstgriff nicht immer ausübt, so ist doch sehr wahrscheinlich, dafs er seines Vortheils bewufst ist, und in nöthigen Fällen davon Gebrauch macht.

1786. Da das Thier inmitten eines so guten Leiters, als Wasser, lebt, so mufs es anfangs in Erstaunen versetzen, wie es irgend etwas merklich elektrisiren könne, allein bei geringem Nachdenken erkennt man bald manche Umstände von grofser Schönheit, welche die Weisheit der ganzen Einrichtung darthun. So das Leitungsvermögen, welches das Wasser selbst besitzt, und das, welches es der feuchten Haut des zu erschütternden Fisches oder Thieres giebt; die Gröfse der Fläche, durch welche der Fisch und das die Entladung leitende Wasser in Berührung stehen. Alles dieses begünstigt und verstärkt den Schlag auf das verurtheilte Thier, und steht im vollständigsten Contrast mit der Unwirksamkeit der Umstände, die existiren würden, wenn der Gymnotus und der Fisch von Luft umgeben wären; und zu gleicher Zeit als die Kraft eine von geringer Intensität ist, so dafs eine trockne Haut sie abwehrt, während eine feuchte sie leitet (1760), ist sie eine von grofser Quantität (1770), so dafs, obwohl das umgebende Wasser viel fortführt, doch genug zum vollen Effect seinen Lauf durch den Körper des zur Nahrung zu fangenden Fisches, oder des zu besiegenden Feindes nehmen kann.

1787. Ein anderes merkwürdiges Resultat der Beziehung des Gymnotus und seiner Beute zu dem umgebenden Mittel besteht darin, dafs je gröfser der zu tödtende oder betäubende Fisch, desto stärker der auf ihn wirkende Schlag seyn wird, wenn auch der Gymnotus eine gleiche Kraft anwendet; denn bei einem grofsen Fisch werden diejenigen Elektricitätsströme durch seinen Körper gehen, die bei einem kleinen unschädlich vom Wasser daneben fortgeführt werden.

1788. Der Gymnotus scheint zu fühlen, wann er ein Thier geschlagen hat, und erfährt es wahrscheinlich durch

durch den *mechanischen Impuls*, den er empfängt, in Folge der Krämpfe, in die es versetzt wird. Wenn ich ihn mit den Händen berührte, gab er mir einen Schlag nach dem andern; berührte ich ihn aber mit Glasstäben oder den isolirten Conductoren, so gab er nur einen oder zwei Schläge (wie es Andere mit den Händen in einiger Entfernung fühlten), und hörte dann damit auf, wie wenn er bemerkt hätte, dafs er nichts ausrichtete. Ferner: wenn ich ihn behufs der Experimente mit dem Galvanometer oder einem andern Apparat mehrmals mit den Conductoren berührt hatte, er matt und gleichgültig zu seyn schien, nicht gewilligt Schläge zu geben, und ich berührte ihn nun mit den Händen, so zeigte er, unterrichtet durch deren convulsivische Bewegung, dafs er ein empfindsames Wesen neben sich habe, sogleich seine Kraft und seine Willigkeit den Experimentator zu schrecken.

1789. Geoffroy St. Hilaire hat bemerkt, dafs die elektrischen Organe der Torpedo, des Gymnotus und ähnlicher Fische nicht als wesentlich verknüpft mit denen angesehen werden können, die für das Leben des Thieres von hoher und directer Wichtigkeit sind, sondern dafs sie eher zu den gewöhnlicheu Tegumenten gehören. Auch hat man gefunden, dafs Torpedos, denen ihre eigenthümliche Organe genommen worden, fortfuhren zu leben, ganz so gut wie die, denen man sie gelassen hatte. Diese und andere Betrachtungen liefsen mich hoffen, dafs diese Theile bei genauerer Untersuchung sich als einen natürlichen Apparat ergeben würden, mittelst dessen wir die Principien der *Action* und *Reaction* auf die Erforschung der Natur des *Nerven-Einflusses* anzuwenden vermöchten.

1790. Die anatomische Beziehung des Nervensystems zu dem elektrischen Organ; die sichtliche Erschöpfung der Nerventhätigkeit während der Elektricitätserzeugung in jenem Organ; die scheinbar aequivalente Elektricitätserzeugung in Verhältnifs zur Quantität der verbrauch-

ten Nervenkraft; die constante Richtung des erzeugten Stroms mit ihrer Beziehung zu dem, was vermuthlich eine gleichfalls constante Richtung der zu gleicher Zeit in Wirksamkeit gesetzten Nerventhätigkeit ist: Alles läfst mich glauben, dafs es nicht unmöglich sey, dafs, bei gewaltsamer Durchleitung von Elektricität durch das Organ, eine Rückwirkung auf das zu ihm gehörige Nervensystem stattfinde, und dafs zu gröfserem oder kleinerem Grade eine Wiederherstellung dessen, was das Thier, während des Acts der Strom-Erregung verbraucht, vielleicht vor sich gehen könnte. Wir haben die Analogie in der Beziehung zwischen Wärme und Magnetismus. Seebeck hat uns gelehrt, Wärme in Magnetismus zu verwandeln, und Peltier hat uns später genau das Umgekehrte gegeben, gezeigt wie die Elektricität in Wärme zu verwandeln sey (*shown us how to convert the electricity into heat, including both its relation of hot and cold*). Oersted zeigte, wie wir elektrische Kräfte in magnetische zu verwandeln haben, und ich hatte die Freude, das zweite Glied zur vollständigen Relation hinzuzufügen, indem ich rückwärts die magnetischen Kräfte in elektrische verwandelte. So haben wir vielleicht in diesen Organen, worin uns die Natur den Apparat gegeben, durch den das Thier Nerventhätigkeit ausüben und in elektrische Kräfte verwandeln kann, unter jenem Gesichtspunkt vielleicht eine Kraft, weit stärker als die des Fisches selbst, elektrische Kräfte in Nervenkraft umzuwandeln,

1791. Es mag vielleicht die Annahme, dafs die Nerventhätigkeit solchen Kräften wie Wärme, Elektricität und Magnetismus in gewissem Grade analog sey, als eine sehr wilde erscheinen. Ich nehme es jedoch auch nur an als eine Veranlassung zur Anstellung gewisser Versuche, die je nachdem sie bejahende oder verneinende Resultate geben, fernere Erwartungen reguliren werden. Und was die Natur der Nervenkraft betrifft, so glaube ich, dafs die Ausübung derselben, welche längs den Ner-

ven zu den verschiedenen von ihnen in Thätigkeit gesetzten Organen geführt wird, nicht das directe *Lebensprincip* sey, weshalb ich keinen natürlichen Grund sehe, weshalb es uns nicht in gewissen Fällen vergönnt seyn sollte, den Lauf derselben zu *bestimmen*, so gut als zu beobachten. Manche Physiker halten die Kraft für Elektricität. Priestley stellt diese Ansicht im J. 1774 unter einer sehr auffallenden und deutlichen Form auf, sowohl in Bezug auf gewöhnliche Thiere als auf elektrische, wie die Torpedo [1]). Dr. Wilson Philip hält das Organ in gewissen Nerven für Elektricität, modificirt durch die Lebensthätigkeit [2]). Matteucci meint, die Nervenflüssigkeit oder Thätigkeit (*energy*), wenigstens in den zum elektrischen Organ gehörenden Nerven, sey Elektricität [3]). Prevost und Dumas glauben, dafs sich in den zu den Muskeln gehörenden Nerven Elektricität bewege, und Prevost fügt zur Stütze dieser Ansicht einen schönen Versuch hinzu, bei welchem Stahl magnetisirt worden; sollte dieser durch fernere Beobachtung und durch andere Physiker bestätigt werden, so wäre er von der höchsten Wichtigkeit für die Fortschritte dieses erhabenen Zweiges der Wissenschaft [4]). Obgleich ich mich bis jetzt durch die Thatsachen noch nicht habe überzeugen kön-

1) Priestley, *on Air Vol. I p.* 277, *Edition of* 1774.

2) Dr. Wilson Philip ist der Meinung, dafs die Nerven, welche die Muskel anregen und die chemischen Veränderungen der Lebensfunctionen hervorbringen, durch die vom Gehirn und Rückenmark gelieferte und durch die Lebenskraft des lebenden Thieres in ihren Effecten abgeänderte elektrische Kraft wirken, weil er, wie er mir sagt, schon 1815 gefunden, dafs, während die Lebenskräfte verbleiben, alle diese Functionen nach der Fortnahme des Nerveneinflusses eben so gut durch die Volta'sche Elektricität, als durch jenen Einflufs selbst hervorgebracht werden können. Am Schlusse jenes Jahres übergab er der K. Gesellschaft einen Aufsatz, welcher in einer deren Sitzungen vorgelesen ward, und worin er von den diesen Satz begründenden Versuchen Nachricht giebt.

3) *Biblioth. universelle* 1837 *T. XII p.* 192.

4) *do. do.* 1837 *T. XII p.* 202. *T. XIV p.* 200.

nen, daſs die Nervenflüssigkeit nur Elektricität sey, so glaube ich doch, daſs das Agens in dem Nervensystem eine unorganische Kraft sey; und wenn es Gründe giebt, den Magnetismus für eine höhere Kraft (*relation of force*) zu halten als die Elektricität (1664. 1732. 1734), so läſst sich auch wohl denken, daſs die Nervenkraft eine noch höhere sey (*of a still more exalted character*) und doch in dem Bereich des Versuches liege.

1792. Ich bin dreist genug folgenden Versuch vorzuschlagen. Wenn ein Zitteraal oder Zitterroche durch häufige Anstrengung der elektrischen Organe ermattet ist: würde die Absendung von Strömen ähnlicher Art als er ausschickt, oder von anderen Kraftgraden, entweder continuirlich oder intermittirend, in derselben Richtung als er sie fortsendet, seine Kräfte wieder herstellen und rascher, als wenn er in seiner natürlichen Ruhe gelassen wäre?

1793. Wird die Durchsendung von Strömen in entgegengesetzter Richtung das Thier rasch erschöpfen? Es giebt, denke ich, Gründe zu glauben, daſs die Torpedo (und vielleicht auch der Gymnotus) von elektrischen Strömen, die bloſs durch das elektrische Organ gesandt werden, nicht sehr beunruhigt oder gereizt wird, so daſs also die Anstellung dieser Versuche nicht sehr schwierig scheint.

1794. Die Einrichtung der Organe in der Torpedo giebt noch fernere Versuche nach demselben Princip an die Hand. Wenn z. B. ein Strom in der natürlichen Richtung, d. h. von unten herauf durch das Organ, an der einen Seite des Fisches, gesandt wird: würde dieſs das Organ der anderen Seite in Thätigkeit setzen? Oder wenn man denselben in umgekehrter Richtung durchleitete: würde dieſs denselben oder sonst einen Effect auf jenes Organ ausüben? Würde es der Fall seyn, wenn die den Organen vorhergehenden Nerven unterbunden wären? Würde es der Fall seyn, wenn man das Thier zuvor

durch Schläge so erschöpft hätte, daſs es unfähig wäre, durch eigenen Willen das Organ bis zu irgend einen oder ähnlichen Grad in Thätigkeit zu setzen?

1795. Dieſs sind einige der Versuche, welche durch den Bau und die Beziehung der elektrischen Organe dieser Fische an die Hand gegeben werden. Andere mögen nicht so von ihnen denken; allein ich kann nur sagen, daſs wenn mir die Mittel zu Gebote ständen, ich selbst der Erste wäre, der sie anstellen würde.

II. *Ueber die Irradiation; von Hrn. J. Plateau.*

(Schluſs von Seite 232.)

---

78. Da die Irradiation sich bei einer und derselben Person von selbst verändert, so entsteht eine andere Aufgabe, nämlich: die *mittlere Irradiation* bei einer bestimmten Person für einen Gegenstand von gegebener Helligkeit festzusetzen. Um sie zu lösen, müſste man offenbar zu einer groſsen Zahl verschiedener Zeiten und mit stets derselben gegebenen Helligkeit des Gegenstandes die Irradiation bei der nämlichen Person messen und darauf aus allen Messungen das Mittel nehmen. Wir werden weiterhin (§§. 87 und 88) auf diesen Gegenstand zurückkommen.

79. Hier ist der Ort einige Bemerkungen zu machen über einen Gegenstand, mit dem wir uns schon im §. 53 beschäftigt haben, ich meine den Vergleich der Irradiation bei verschiedenen Personen. Dieser Gegenstand kann unter zwei Gesichtspunkten aufgefaſst werden. Zuvörderst zeigen alle unsere Resultate übereinstimmend, daſs wenn man bei einer Person zu einer bestimmten Zeit die einer gewissen Helligkeit entsprechende Irradiation miſst, und dieselbe Operation bei einer andern Per-

son zu einer ebenfalls bestimmten Zeit und für dieselbe Helligkeit vornimmt, die zwei erhaltenen Werthe im Allgemeinen ungleich sind, und daſs dieser Unterschied oder vielmehr das Verhältniſs beider Irradiationen beträchtlich seyn kann. So z. B. sind in der Tafel des §. 74 der erste von den Werthen für die erste Person, und der zweite von denen für die dritte Person unter äuſseren Umständen erhalten, die fast identisch waren, oder wenn der kleine Unterschied von zwei Stunden einen merkbaren Einfluſs haben konnte, so muſste er zu Gunsten des zweiten Resultats seyn. Dennoch beträgt das erste 1′ 17″,4, das letztere dagegen nur 46″,1, so daſs beide fast im Verhältniſs von 5:3 stehen. Vergleicht man eben so den fünften Werth der dritten Person mit dem ersten der vierten Person, so sieht man, daſs die Helligkeit bei der zweiten gröſser seyn muſste, weil der Himmel bei dieser heiter, bei jener bedeckt war; dennoch ist der erste Werth doppelt so groſs wie der zweite. Unter diesem Gesichtspunkte, dem auch die Resultate des §. 53 entsprechen, ist also die Verschiedenheit der Irradiation bei gleicher Helligkeit, aber verschiedenen Personen, eine wohlerwiesene Thatsache.

Diese Thatsache ist übrigens eine nothwendige Folge von der von uns schon nachgewiesenen, daſs die Irradiation bei derselben Helligkeit und bei derselben Person nach der Zeit verschieden ist. Allein man könnte sich fragen, ob der Unterschied, welchen man zwischen zwei Personen bemerkt, nicht bloſs von dieser letztern Ursache abhinge, ob es nicht einfach davon herrührte, daſs, wie ich schon anmerkte, die eine Person sich so zu sagen in einer Anwandlung von leichter Irradiation, die andere dagegen in einer entgegengesetzten Anwandlung befände; ob nicht endlich die *mittlere Irradiation*, die einer bestimmten Helligkeit entsprechende, identisch sey bei allen Individuen. Hiezu bemerke ich zuvörderst, daſs diese Identität unendlich wenig wahrscheinlich ist.

In der That, wie läfst sich annehmen, dafs ein Phänomen, welches bei derselben Person so veränderlich ist, und folglich in so hohem Grade von dem Befinden der Augen abhängt, in seinem Mittelwerth identisch seyn könne bei den Augen zweier Personen, zumal man weifs, wie sehr alle Eigenthümlichkeiten des Sehens von einer Person zur andern verschieden sind? Wie dem auch seyn mag, wir haben noch nicht experimentelle Data genug gesammelt, um die Sache näher zu untersuchen, und werden daher weiterhin (§§. 87 und 88) auf diese Erörterung zurückkommen.

80. Gehen wir jetzt zu einem anderen Punkte über. Es ist wohl erwiesen (§§. 10. 16. 23), dafs die Irradiation mit der Helligkeit des Gegenstandes wächst, und die Hypothese von einer Fortpflanzung des Eindrucks auf der Netzhaut giebt noch vollkommen Aufschlufs über diese Thatsache, denn man begreift, dafs eine kräftigere Erregung sich in gröfsere Entfernungen erstrecken müsse. Ein sehr einfacher Versuch, den Einflufs der Helligkeit des Gegenstandes zu erweisen, ist zunächst dieser. In ein Stück Pappe, von gleichen Dimensionen mit denen in §§. 28, 36 etc. erwähnten, mache man eine Längenöffnung *a, b, c, d* (Fig. 13 Taf. III) von 5 Millimetern Breite und ungefähr 15 Centm. Länge, und schwärze die Pappe gänzlich. Alsdann klebe man dahinter einen Streifen dünnen Papiers, so dafs er die Oeffnung zur Hälfte ihrer Länge bedeckt, bringe nun diesen Apparat vor ein Fenster und betrachte ihn aus einigen Metern Abstand, dabei eine solche Stellung wählend, dafs man ihn auf den Himmel projicirt erblickt. Die helle Zone, welche von der ganzen Oeffnung gebildet wird, besteht sonach aus zwei Theilen von sehr ungleicher Lichtstärke, und der hellere, frei gebliebene, wird sehr merkbar breiter als der andere erscheinen [1]).

1) Sechs Personen haben diesen Versuch wiederholt und zwar mit gleichem Erfolg.

81. Was auch der genaue Ausdruck des Gesetzes seyn mag, nach welchem sich der Werth der Irradiation bei Zunahme der Helligkeit des Gegenstandes richtet, so will ich doch zuvörderst zeigen, daſs dieser Werth nicht proportional der Helligkeit wächst, daſs sein Gang weit weniger rasch ist.

Da die Winkeldurchmesser der Sonne und des Mondes wenig von einander verschieden sind, so muſs die Helligkeit der Sonnenscheibe zu der der Mondscheibe fast im Verhältniſs der Intensitäten des aus beiden Gestirnen zukommenden Lichtes stehen. Nun weiſs man, daſs mehre Physiker versucht haben, dieſs letztere Verhältniſs zu bestimmen, und die kleinste ihrer Schätzungen, die von Leslie, steigt noch auf fast hunderttausend. Nach diesem Resultat, welches vermöge des angewandten Verfahrens wahrscheinlich zu klein ist[1]), würde also der Glanz der Sonnenscheibe beinahe hunderttausend Mal gröſser seyn, als der der Mondscheibe. Daraus folgt, daſs wenn die Irradiation proportional der Helligkeit des Gegenstandes wüchse, die Sonne im Vergleich zum Monde eine ganz ungeheure entwickeln, und das erstere Gestirn sich dem bloſsen Auge als eine unermeſsliche Kugel darstellen müſste. In der That gehen wir von sehr ungünstigen Bedingungen aus. Setzen wir nur voraus, der Sonnenglanz sey das Zehntausendfache von dem des Mondes, was gewiſs unter der Wirklichkeit bleibt, und nehmen einen Beobachter, dessen Augen so beschaffen sind, daſs ihm der Mond nur eine Irradiation von 10″ entwickelt. Dieſs ist eine ungemein schwache Irradiation, denn der kleinste der in der Tafel des §. 74 enthaltenen Werthe, die sich auf die Helligkeit des Himmels beziehen, ist noch 25″,2, und diese Helligkeit ist offenbar geringer als die des Mondes. Wäre nun die Irradiation proportional der

1) Bouguer fand durch eine andere Methode ein fast drei Mal so groſsen Werth und Wollaston (Ann. Bd. XIV S. 328) durch noch ein anderes Verfahren die Zahl 800,000.

Helligkeit, so würde die der Sonne für diesen Beobachter, in obigen Hypothesen, gleich 100,000″ oder ungefähr 27°. Mithin würde für ihn die Sonnenscheibe mit einem Irradiationsring von ungefähr 27° Breite umgeben seyn, und folglich der gesammte scheinbare Durchmesser ihm mehr als 54° am Himmel einzunehmen scheinen. Der unmäfsige Unterschied zwischen einem solchen Resultat und dem wirklichen Anblick der Sonnenscheibe nöthigt uns also anzunehmen, dafs die Irradiation weit weniger rasch als die Helligkeit des sie hervorrufenden Gegenstandes wächst. Es folgt daraus, dafs wenn das Gesetz, welches diese beiden Gröfsen verknüpft, durch eine Curve vorgestellt wird, welche die Helligkeit zu Abscissen und die correspondirende Irradiation zu Ordinaten hat, diese Curve ihre Concavität gegen die Abscissenaxe kehren würde. Da überdiefs einleuchtet, dafs einer Helligkeit Null eine Irradiation Null entspricht, so wird die Curve durch den Ursprung der Coordinaten gehen. Wenn man endlich erwägt, wie gering der Unterschied in der scheinbaren Gröfse ist, den Sonne und Mond, trotz des ungeheuren Unterschiedes ihrer Helligkeit, dem blofsen Auge darbieten, so sieht man, dafs wenn man auf der Curve zwei Punkte nähme, von denen der eine die Helligkeit des Mondes und der andere die der Sonne zur Abscisse hätte, die Ordinate des zweiten Punkts nicht viel gröfser als die des ersten seyn würde, obgleich die zweite Abscisse wahrscheinlich mehre hunderttausend Mal die erstere überträfe. Dadurch wird man zu dem Schlufs geführt, dafs besagte Curve eine mit der Abscissenaxe parallele Asymptote habe, oder, mit anderen Worten, dafs der Anwuchs der Irradiation, obgleich beim Ausgange von einer schwachen Helligkeit, anfangs sehr beträchtlich, zuletzt unmerklich wird, wenn die Helligkeit eine gewisse Gränze erreicht.

82. Ich habe gesucht, diese Schlüsse durch directe Versuche zu bewahrheiten und den Lauf der erwähnten

Curve zu ermitteln. Dazu bedarf es zunächst der Erfüllung einer wesentlichen Bedingung, nämlich: dafs man dem Gegenstande eine Reihe bestimmter, untereinander in bekannten Verhältnissen stehender Helligkeiten gebe. Das Erstere habe ich auf eine sehr einfache Weise erreicht, nämlich durch Benutzung eines photometrischen Satzes, den Hr. Talbot kennen gelehrt [1]) und ich selbst directer experimentell erwiesen habe [2]). In seiner gröfsten Allgemeinheit kann dieser Satz folgendermafsen aufgestellt werden.

Wenn ein leuchtender Gegenstand auf eine regelmäfsig intermittirende Weise auf das Auge wirkt, und die Erscheinungen desselben folgen einander so rasch, dafs das Auge sie nicht mehr von einander unterscheiden kann, sondern eine ununterbrochene Empfindung bekommt, so findet sich die scheinbare Helligkeit dieses Gegenstandes verringert im Verhältnifs der Summe der Dauer einer Erscheinung und einer Verschwindung zur Dauer einer Erscheinung.

Man schneide z. B. in eine Scheibe schwarzen Papiers eine gewisse Anzahl Oeffnungen in Form von einander gleichen und regelmäfsig um das Centrum liegenden Sectoren, stelle nun diese Scheibe vor einem leuchtenden Felde auf, und lasse sie rasch in ihrer Ebene um eine centrale Axe rotiren, so dafs man, wie bekannt, den Anblick einer gleichförmig durchsichtigen Fläche erhält, durchhin welche die Helligkeit des Feldes erscheint. Gesetzt nun die Bewegung der Scheibe sey gleichförmig, so wird sich offenbar ein jeder Punkt dieser scheinbaren Fläche, bezüglich des ihn betrachtenden Auges, unter den Bedingungen des obigen Satzes befinden. Denn dieser Punkt wird abwechselnd von einem leuchtenden und einem dunklen Raume eingenommen, und schickt folglich

1) *Phil. Mag. Nov.* 1834 *p.* 327 (Ann. Bd. XXXV S. 457 u. 464).

2) *Bullet. de l'acad. de Bruxelles* 1835 *p.* 52. (Ann. Bd. 35 S. 457.)

zu dem Auge ein regelmäfsig intermittirendes Licht. Mithin wird die Helligkeit der scheinbaren Fläche sich zu der des leuchtenden Feldes selbst verhalten, wie die Dauer des Durchgangs eines lichten Sectors durch denselben Punkt sich verhält zur Summe der Dauer der Durchgänge eines lichten Sectors und eines dunklen Sectors, oder, was auf dasselbe hinausläuft, zur Summe der Winkelbreiten eines lichten und eines dunklen Sectors. Wenn z. B. die lichten Sectoren eben so breit als die dunklen sind, so wird das besagte Verhältnifs 0,5 seyn, folglich die Helligkeit auf die Hälfte zurückgeführt. Sind die lichten Ausschnitte halb so breit als die dunklen, so ist das Verhältnifs ein Drittel, und die Helligkeit der scheinbaren Fläche ist drei Mal geringer als die des Feldes, u. s. w. Allgemein, wenn b die Winkelbreite eines lichten Ausschnittes und n die eines dunklen bezeichnet, E die Helligkeit des leuchtenden Feldes, vor welchem der Apparat aufgestellt wird, und e die der erzeugten scheinbaren Fläche: so hat man die Beziehung

$$e = \frac{b}{b+n} E.$$

83. Hieraus folgt, dafs wenn man in mehre Scheiben eine gleiche Anzahl lichter Ausschnitte macht, denselben aber von einer Scheibe zur andern verschiedene Winkelbreiten giebt, und nun folgweise alle diese Scheiben vor demselben leuchtenden Felde sich drehen läfst, die Helligkeiten der erzeugten scheinbaren Flächen zu einander im Verhältnifs der Breiten der ausgeschnittenen Sectoren stehen werden. In der That, da die Anzahl dieser Oeffnungen bei allen Scheiben gleich ist, so wird offenbar die Summe der Breiten eines lichten und eines schwarzen Sectors ebenfalls gleich seyn für alle, und folglich der Nenner des Bruchs in dem obigen Ausdruck sich nicht von einer Scheibe zur andern verändern. Da überdiefs auch vorausgesetzt worden, dafs die Gröfse E

sich nicht verändere, so sind also die verschiedenen Werthe von c proportional den Werthen von b[1]).

84. Diefs gesetzt, will ich nun das Verfahren beschreiben, dessen ich mich bedient, um auszumitteln, wie die Irradiation mit der Helligkeit des Gegenstandes sich verändere.

Zuvörderst schnitt ich aus dickem Papier vier Scheiben von 25 Centm. Durchmesser, und in jede derselben zwölf Oeffnungen in Gestalt von Sectoren oder vielmehr von Sectorenstücke, die zwischen zwei Radienstücke und zwei concentrische Bogen eingeschlossen waren. Es blieben sonach in der Mitte und am Umfang dieser Scheiben volle Theile stehen, die das Ganze hielten. In der ersten Scheibe waren die Oeffnungen an Winkelbreite den Zwischenräumen gleich; in den drei übrigen Scheiben hatten die Oeffnungen respective die Hälfte, ein Viertel und ein Achtel dieser Breite. Alle waren endlich wohl mit mattem Schwarz bemalt. Eine derselben ist Fig. 14 Taf. III abgebildet.

Da sonach die Breite der Oeffnungen, von der ersten zur vierten Scheibe, sich wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ verhielt, so folgt aus dem vorhergehenden Paragraph, dafs bei successiver Drehung dieser Scheiben vor einem gleichen leuchtenden Felde, die respectiven Werthe der erfolgenden Helligkeit unter einander dieselbe Progression bilden mufsten. Bezeichnet man demnach wie vorhin mit E die Helligkeit des leuchtenden Feldes, so war die der scheinbaren Fläche von der ersten Scheibe $\frac{1}{2}E$ (§. 82), folglich die der übrigen $\frac{1}{4}E$, $\frac{1}{8}E$, $\frac{1}{16}E$.

Nun begreift man, dafs man, wenn man vor dem Felde von der Helligkeit E den früher (§. 55) angewandten

1) Ich habe die Bewegung der Scheibe als gleichförmig vorausgesetzt, allein diese Bedingung ist, was den erzeugten Effect betrifft, nicht nothwendig. Die Helligkeit der scheinbaren Fläche bleibt sich gleich, die Geschwindigkeit mag sich ändern oder nicht, sobald sie nur nicht so gering wird, dafs man anfängt die Oeffnungen zu unterscheiden.

chrauben-Apparat aufstellt, und zwischen das Feld und
len Apparat folgweise eine der vier rotirenden Scheiben
ringt, die jede der zuvor erwähnten Helligkeitsgrade ent-
prechende Irradiation wird messen können. Misst man
iberdiefs das Phänomen ohne Dazwischensetzung der
Scheibe, d. h. für die Helligkeit E selbst, und erwägt
nan, dafs für eine Helligkeit Null die Irradiation noth-
vendig auch Null ist, so bekommt man Irradiationswer-
the, die der folgenden, mit Null anfangenden, Reihe von
Helligkeitswerthen entsprechen

$$0,\ \tfrac{1}{16}E,\ \tfrac{1}{8}E,\ \tfrac{1}{4}E,\ \tfrac{1}{2}E,\ E.$$

Man hat also auf diese Weise sechs Punkte der ge-
suchten Curve.

Um das Gesagte in Ausübung zu bringen, mufste
man ein Lichtfeld wählen, dessen Helligkeit E den we-
sentlichen Bedingungen genügte, nämlich 1) wohl cha-
rakterisirt zu seyn, damit die gefundene Curve einer ge-
nauen Auslegung fähig sey, 2) zu verschiedenen Zeiten
nahe constant zu bleiben, denn bei diesen wie bei an-
dern Versuchen kann man sich nicht mit einer einzigen
Beobachtungsreihe begnügen, sondern mufs nothwendig
Mittelwerthe nehmen; 3) eine beträchtliche Helligkeit zu
haben, damit sie, wenn sie durch die eine Scheibe auf
ein Sechszehntel zurückgebracht ist, den Gegenstand noch
deutlich erkennen läfst, und man andrerseits die Curve
noch weit genug fortsetzen kann. Ich habe geglaubt,
die Helligkeit eines heiteren Himmels würde diese Be-
dingungen hinreichend erfüllen, sobald nur das Licht von
einem und demselben Punkte des Himmels käme, die Be-
obachtungsstunde immer dieselbe wäre, und die Zeiten
nicht zu weit auseinander lägen. Ich habe demnach alle
Beobachtungen gegen einen Himmel gemacht, der wenig-
stens dort, woher das den Apparat durchstreichende Licht
kam, wolkenfrei war. Dieser Theil des Himmels lag ge-
gen Norden, ungefähr 60° über dem Horizont, und die
Strahlen wurden, wie vorhin, durch einen geneigten Spie-

gel horizontal reflectirt. Die Versuche begannen um 3 Uhr Nachmittags, und dauerten niemals länger als eine halbe Stunde; sie alle wurden von den letzten Tagen des Februars ab bis zu Ende März angestellt. Die normale Helligkeit E war also wohl charakterisirt. Es war die eines heiteren Himmels, gegen Norden, in 60° Höhe, 3 Uhr Nachmittags, im Monat März, und zwar gesehen in einem Spiegel, welcher mit den Strahlen einen Winkel von 30° bildete. Zwar kann man diese Helligkeit nicht streng als ganz constant betrachten, da die Atmosphäre auch bei Heiterkeit nicht immer eine gleiche Reinheit besitzt, und andrerseits zwischen den ersten und letzten Beobachtungstagen über ein Monat verstrichen war; allein ich hoffe, man wird mir darin beistimmen, daſs die Helligkeitsunterschiede, die aus diesen beiden Ursachen entspringen können, klein genug sind, um ihren Einfluſs in dem besagten Falle vernachlässigen zu dürfen.

Was die Rotationsbewegung der Scheiben betrifft, so wurde sie durch ein Feder-Uhrwerk bewerkstelligt. Dasselbe befand sich in zwei vertikalen Scheiben von 9 Centm. Durchmesser, und stand auf einem Gestell von hinlänglicher Höhe. Eine oben am Gehäuse angebrachte horizontale Axe, die mittelst eines Getriebes mit dem letzten Rade des Uhrwerks in Verbindung stand, ragte mit einem ihrer Enden hervor, und an dieses wurden mittelst einer Schraube die verschiedenen Scheiben befestigt. Wenn sonach die Scheibe vor dem geneigten Spiegel in Rotation versetzt wurde, verdeckte allerdings das Gehäuse des Uhrwerks ein kleines Stück der erzeugten scheinbaren Fläche; allein wegen der erhöhten Lage der Drehungsaxe, befand sich dieses Stück gänzlich unterhalb des Mittelpunkts der Scheibe, und folglich blieb der obere Theil der scheinbaren Fläche ganz frei; gegen diesen Theil aber projicirte sich der zum Messen der Irradiation bestimmte Schrauben-Apparat.

Endlich brachte ich an diesem Apparat die §. 67 er-

wähnte Abänderung an, d. h. ich versah die Schraube mit einem eingetheilten Knopf, der Hundertel eines Umgangs zu bestimmen erlaubte, und mafs die Irradiation mittelst des neuen in demselben Paragraph beschriebenen Verfahrens. Vor jeder einzelnen Beobachtung wurde die bewegliche Platte so gestellt, dafs die beiden Ränder wirklich in ihrer gegenseitigen Verlängerung lagen, dann der Apparat vor dem geneigten Spiegel aufgestellt, mit oder ohne Dazwischensetzung der rotirenden Scheibe, und nun, derselbe aus einem Abstande von zwei Metern betrachtet, dieser Abstand gemessen von den Augen des Beobachters bis zum Apparat. Während dieser nun beobachtete, liefs ich die bewegliche Platte langsam vorrücken, bis er mich benachrichtigte, dafs die scheinbare Coincidenz ihm hergestellt sey, und die Irradiation nicht mehr zunehme. Diese Operation erforderte nothwendig einiges Herumtappen. Wenn der gesuchte Punkt beinahe erreicht war, mufste man die Platte bald vor- bald zurückschieben, um sich zu versichern, dafs die Bestimmung gut sey, und bei diesem Tappen liefs die Person von Zeit zu Zeit ihre Augen ausruhen. Wenn endlich die Lage, die ihr am richtigsten schien, erreicht war, schrieb ich auf, wie viele ganze Umgänge und Bruchtheile derselben die Schraube vorgerückt worden. Da der Abstand bekannt war, so hatte ich demnach die Mittel, den durch diese Beobachtung gegebenen Irradiationswerth zu berechnen. Auf diese Weise vollführte die Person ohne Unterbrechung und immer bei dem constanten Abstande von zwei Metern, eine Reihe von fünf Beobachtungen, nämlich eine blofs mit dem Spiegel und dem Schrauben-Apparat, und die andern vier mit successiver Dazwischenstellung der vier Scheiben. Da die Augen nothwendig am Ende einer Reihe ermatteter waren als zu Anfange, und diefs einigen Einflufs auf die Resultate hätte haben können, so traf ich die Vorsicht, bei den verschiedenen Reihen die Aufeinanderfolge der Helligkeitswerthe zu än-

dern, so dafs die etwa aus jener Ursache entspringenden Fehler sich einander in dem mittleren Resultat aufheben mufsten.

Unglücklicherweise bot der Märzmonat zu Gent wenig Tage von hinlänglicher Heiterkeit um 3 Uhr Nachmittags dar. Es war mir daher unmöglich die Beobachtungsreihen sehr zu vervielfältigen, und ich mufste mich begnügen, sie von einer einzigen Person anstellen zu lassen. Diese Person, welche die erste in der früheren Tafel ist, hatte die Gefälligkeit sechs Reihen auszuführen, so dafs jeder der verschiedenen Helligkeitswerthe zu eben so vielen einzelnen Beobachtungen Anlafs gab. Nimmt man also für jeden dieser Helligkeitswerthe das Mittel aus den sechs sich darauf beziehenden Irradiationsmessungen, so giebt die Reihe dieser sechs mittleren Messungen auf eine mehr oder weniger genaue Weise den Gang der Irradiation bei steigender Helligkeit an. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dafs diese Reihe, abgerechnet was an Beobachtungsfehlern bleibt, die mittlere Irradiation zwischen denen, welche die entsprechende Helligkeit an den verschiedenen Beobachtungstagen entwickelte, vorstellt.

85. Das sonach gefundene Gesetz ist freilich nur für Eine Person erwiesen, allein sehr wahrscheinlich sind alle Gesetze der Irradiation, abgesehen von ihrer absoluten Intensität, gleich bei verschiedenen Individuen, wie das alle bisher angeführten Thatsachen zu erweisen scheinen. Wir werden also die nachfolgenden Resultate als Ausdrücke des gesuchten allgemeinen Gesetzes betrachten können, und diese Resultate werden wegen der vielen Elemente, aus denen jedes von ihnen abgeleitet ist (§. 76), nur kleine Fehler einschliefsen, was auch die Regelmäfsigkeit der von ihnen gelieferten Curve darthut.

Da alle Beobachtungen bei gleichem Abstande angestellt wurden, so sind die partiellen Irradiationswerthe einfach proportional der Zahl von Schraubenumgängen (§. 56).

(§. 56). Daraus folgt, daſs man, um die Mittelwerthe zu erhalten, nur die mittleren Zahlen von Schraubenumgängen zu nehmen, und die diesen Zahlen entsprechenden Irradiationswerthe nach der Formel des §. 56 zu berechnen braucht. Diese letzteren werden darauf mit 48″ multiplicirt, um sie in Bruchtheile von Graden zu verwandeln (§. 74).

86. Hier nun die Tafel der Resultate:

Helligkeitswerthe.		$\frac{1}{16}$E.	$\frac{1}{8}$E.	$\frac{1}{4}$E.	$\frac{1}{2}$E.	E.
Schrauben-umgänge	1. Tag	1,40	1,57	2,44	2,56	2,50
	2. -	1,56	2,12	2,01	1,98	2,20
	3. -	2,57	2,85	3,08	2,81	3,08
	4. -	1,78	1,84	1,86	2,00	2,13
	5. -	1,95	1,90	2,55	2,64	2,45
	6. -	0,99	1,63	2,01	2,03	1,65
Mittelzahlen		1,708	1,985	2,325	2,336	2,335
Mittlere Irradiationswerthe		40″,9	47″,6	55″,7	56″,0	56″,0

Diese Werthe zeigen deutlich, daſs die Irradiation den im §. 81 angezeigten Gang befolgt. Wenn die Helligkeit aus 0 in $\frac{1}{16}E$ übergeht, steigt die Irradiation von 0 auf 40″,9. Dieser Anwuchs wird darauf verlangsamt und schon von $\frac{1}{4}E$ bis $\frac{1}{2}E$ wächst sie nun um 0″,3; endlich von $\frac{1}{2}E$ bis E, d. h. bis zur vollen Helligkeit des Himmels; unter den früher aufgezählten Umständen, verändert sie sich nicht mehr merkbar. Die Curve, welche diese Resultate liefert, ist Taf. III Fig. 15 abgebildet; man sieht, sie zeigt nur wenige Unregelmäſsigkeiten, dagegen offenbar das Daseyn einer der Abscissenaxe parallelen Asymptote.

Die nämlichen Resultate bestätigen das schon im §. 77 Ausgesprochene, nämlich, daſs, wenn die Helligkeit des Gegenstandes von der Ordnung der des Himmels ist, dieselbe sehr groſse Veränderungen erleiden kann, ohne daſs die durch sie entwickelte Irradiation merklich abgeändert wird.

Wir können also diesen Satz aufstellen: *die Irradiation wächst mit der Helligkeit des Gegenstandes, aber weit weniger rasch als diese. Denkt man sich das Gesetz vorgestellt durch eine Curve, welche die successiven Helligkeitswerthe von Null aus zu Abscissen und die entsprechenden Irradiationswerthe zu Ordinaten hat, so geht diese Curve durch den Anfang der Coordinaten, kehrt ihre Concavität gegen die Abscissenaxe und bietet eine dieser Abscissenaxe parallele Asymptote dar. Schon für eine Helligkeit wie die des Himmels gen Norden ist die Curve ihrer Asymptote sehr nahe.*

87. Nehmen wir nun wieder die in §§. 78 und 79 berührten Fragen vor, nämlich die Untersuchung der mittleren Irradiation bei einer bestimmten Person für einen Gegenstand von gegebener Helligkeit und den Vergleich dieser Mittelwerthe bei verschiedenen Personen. Kehren wir zu dem Ende zur Tafel des §. 74 zurück. Aus der obigen Bemerkung folgt, dafs alle in dieser Tafel enthaltenen Werthe als sehr wenig durch die Verschiedenheiten der Helligkeit des Himmels abgeändert betrachtet werden können, wenigstens sind die Fehler, die man begeht, wenn man sie als unter identischen äufseren Umständen ansieht, sehr klein gegen die Verschiedenheiten, welche die Irradiation darbietet, sowohl bei derselben Person von einer Zeit zur andern, als zur selben Zeit von einer Person zur andern. Wenn also dieselbe Tafel für irgend eine der Personen eine bedeutende Anzahl Beobachtungstage enthielte, so würde man auf eine sehr angenäherte Weise die mittlere Irradiation für diese Person und für eine Helligkeit, wie die des Himmels, bekommen, wenn man aus allen diesen Tagen entsprechenden Werthen das Mittel nähme.

Nun enthält jene Tafel für die erste Person nur zwei Beobachtungstage; allein diese Person ist die nämliche, welche in §. 86 die den sechs anderen Tagen entsprechenden Resultate geliefert hat. Diejenigen dieser letz-

ten Resultate, welche die Columne zur Rechten bilden, gelten für die Helligkeit des Himmels selbst, und können folglich mit den beiden der andern Tafeln combinirt werden, nur mufs man sie zuvor in Function derselben Einheiten ausdrücken. Bemerke man überdiefs, dafs man auch die Werthe der der Helligkeit $\frac{1}{2}E$ entsprechenden Columne nehmen kann, da von dieser Columne zur folgenden die Irradiation nicht merklich verschieden ist. Wir haben also für jeden dieser sechs Tage zwei Beobachtungen statt einer einzigen. Nimmt man also das Mittel aus jedem dieser sechs Paare von Beobachtungen, wendet auf alle diese Mittel die Formel des §. 56 an und multiplicirt hierauf alle Resultate durch 48", so haben wir nach Vollziehung aller Rechnung:

	In Function der Einheit des §. 56.	In Gradtheilung.
1ster Tag	1,265	1' 0",7
2ter -	1,045	0 50 ,1
3ter -	1,472	1 10 ,6
4ter -	1,032	0 49 ,5
5ter -	1,272	1 1 ,0
6ter -	0,920	0 44 ,1

Zwar ist jeder dieser Werthe nur aus zwei partiellen Resultaten abgeleitet; allein untersucht man zuvörderst die der Tafel des §. 86, so sieht man, dafs die zu einem Paare gehörigen, bis auf das letzte, ziemlich übereinstimmen, und dafs andrerseits die Fehler sich in dem allgemeinen Mittel aufheben müssen.

Endlich habe ich später mit derselben Person noch zwei Messungen der Irradiation bei der Helligkeit des Himmels vorgenommen, nämlich die eine im April und die andere im Mai. Es sind die folgenden:

1,225	oder	0'53",8
1,545	-	1'14",1

Die beiden in der Tafel des §. 74 enthaltenen Werthe waren:

1,613	oder	1′ 17″,4
1,434	-	1′ 8″,8

Wir haben also für die besagte Person eine Gesammtheit von Werthen, die sechs ziemlich auseinander liegenden Tagen entsprechen. Diese Elemente scheinen zahlreich genug, um daraus, mit ziemlicher Annäherung, die mittlere Irradiation zu berechnen, welche die Helligkeit des Himmels in den Augen dieser Person entwickelt. Nehmen wir das Mittel aus diesen sechs Werthen, so finden wir

1,282 oder 1′ 1″,5

Um zu beurtheilen, welchen Grad von Zutrauen wir diesem Resultate beilegen können, wollen wir die sechs Werthe, aus denen dasselbe abgeleitet ist, in zwei Gruppen von fünf zerfällen, sie nach ihren Monatstagen ordnen und aus jeder dieser Gruppen für sich das Mittel suchen. Wir haben demnach

	Erste Gruppe.	Zweite Gruppe.
	1,613	1,032
	1,434	1,272
	1,265	0,920
	1,045	1,225
	1,472	1,545
Mittel	1,365	1,198

Man sieht, diese beiden partiellen Mittel entfernen sich nicht beträchtlich von dem allgemeinen Mittel 1,282. Die Abweichung ist 0,084, was ungefähr 6 Hundertel vom allgemeinen Mittel beträgt. Wir können also diese letztere als ziemlich genau betrachten und mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, daß bei der in Rede stehenden Person die Helligkeit des Himmels eine Irradiation bewirkt, deren Mittelwerth sehr nahe 1,282 oder 1′ 1″,5 ist.

88. Schreiten wir nun zu den andern Personen der Tafel des §. 74. Die zweite lieferte nur zwei Messungen und auch seitdem habe ich keine von ihr nehmen lassen können; rücksichtlich dieser Person ist also nichts zu schlie-

ssen. Allein die dritte, wie die vierte, hat Resultate an fünf verschiedenen Tagen geliefert, und da, nach dem Vorherigen, das Mittel aus fünf Tagen sich nicht sehr vom allgemeinen Mittel aus einer gröfseren Zahl von Tagen entfernt, so können wir den Resultaten, die wir aus diesen beiden Systemen von Werthen ziehen, einiges Vertrauen schenken. Nehmen wir das Mittel aus jedem von ihnen, so haben wir

Dritte Person.	Vierte Person.
1,086 oder 0′52″,1	0,692 oder 0′33″,2

Betrachten wir diese beiden Resultate als genau, eben so wie das für die erste Person gefundene, so wird die mittlere Irradiation für die Helligkeit des Himmels bei diesen drei Personen respective seyn:

1,282 1,086 0,692

Die beträchtliche Abweichung zwischen diesen drei Gröfsen, besonders zwischen der ersten und dritten, bestätigt demnach, dafs die von einer gleichen Helligkeit entwickelte mittlere Irradiation bei weitem nicht gleich ist bei allen Individuen.

Ich glaube nicht, dafs man die grofsen Unterschiede, welche diese Werthe darbieten, der kleinen Zahl von Elementen, aus denen dieselben abgeleitet sind, zuschreiben könne. In der That untersuchen wir näher den ersten und dritten, als die, welche sich am weitesten von einander entfernen. Vergleicht man die zehn Elemente, deren Gesammtheit den einen dieser Werthe geliefert hat, mit den fünf, die zur Bildung des anderen beigetragen haben, so sieht man, dafs jeder der ersten jeden der zweiten, bis auf eine einzige Ausnahme, mehr oder weniger beträchtlich überwiegt. Es ist also Constanz da in dem Vorwalten der Irradiation bei der ersten Person über die bei der vierten. Ueberdiefs als ich mit denselben zwei Personen die in §§. 28, 36, 49 u. s. w. erwähnten Versuche anstellte, Versuche, die der Zeit nach sehr auseinander lagen, fand ich immer, dafs bei der er-

steren die Wirkungen weit bedeutender als bei der anderen waren. Die eben erörterten Messungen haben also nur bestätigt, was Beobachtungen von geringerer Schärfe mich schon zuvor gelehrt hatten. Wir können also, glaube ich, als bewiesen den Satz aussprechen:

Die von einer gleichen Helligkeit entwickelte mittlere Irradiation variirt beträchtlich von einer Person zur anderen.

89. Ehe wir zu einer neuen Aufgabe übergehen, wollen wir einen Schritt rückwärts machen und für einen Augenblick zu den Veränderungen zurückkehren, welche die Irradiation bei einer und derselben Person von einer Zeit zur anderen erleidet. Wir können jetzt recht einleuchtende Beweise von diesen Veränderungen beibringen. Untersucht man nämlich die Resultate in der Tafel des §. 86, und vergleicht die Reihe des zweiten Tages mit der des dritten, so bemerkt man, dafs jede der fünf Zahlen in der ersten dieser beiden Reihen kleiner ist als die entsprechende in der zweiten, d. h. dafs, für jeden der Helligkeitswerthe, die als Maafs der Irradiation erhaltene Gröfse beständig am zweiten Tage geringer als am dritten war. Vergleicht man ebenso die Reihe des dritten Tages mit der des vierten, so findet man, dafs die Zahlen der ersteren sämmtlich gröfser sind, als die entsprechenden der zweiten. Geht man vom vierten Tage zum fünften über, so sieht man alle Zahlen abermals wachsen, und endlich sieht man sie vom fünften zum sechsten alle abnehmen. Blofs der Uebergang vom ersten Tage zum zweiten macht Ausnahme von dieser regelmäfsigen Ordnung.

Nun ist einleuchtend, dafs eine so erhaltene Uebereinstimmung nicht von einer zufalligen Vertheilung von Beobachtungsfehlern herrühren kann; man wird also nothwendig zu der Annahme geführt, dafs die Irradiation bei der besagten Person vom zweiten zum dritten Tage zunahm, vom dritten zum vierten abnahm, vom vierten zum

fünften abermals wuchs, und vom fünften zum sechsten wiederum abnahm.

Die Resultate dieser Vergleiche werden noch auffallender, wenn wir sie genauer machen, nämlich vom zweiten Tage an berechnen, was für ein Verhältnifs zwischen jeder Zahl der einen Reihe und ihrer entsprechenden in der anderen Reihe stattfand. Wir erhalten so folgende Gröfse:

Verhältnisse zwischen den Zahlen					
des 2ten u. 3ten Tages	0,61	0,74	0,65	0,70	0,71
- 3ten u. 4ten -	1,44	1,55	1,65	1,40	1,45
- 4ten u. 5ten -	0,91	0,97	0,73	0,76	0,87
- 5ten u. 6ten -	1,97	1,16	1,27	1,30	1,48

Man sieht, die fünf Zahlen, welche jede dieser Reihen von Verhältnissen bilden, stimmen unter sich auf eine recht merkwürdige Weise, wenigstens in Betracht gegen die grofse Schwierigkeit der Beobachtungen, die ihnen zum Grunde liegen. Der Satz des §. 77 findet sich also vollkommen bestätigt.

Die Uebereinstimmung zwischen den vorstehenden Resultaten zeigt uns auch, dafs wir in die in der Tafel des §. 86 verzeichneten Beobachtungen viel Vertrauen setzen können, und dafs folglich die Curve der Fig. 15 Taf. III sehr wenig von derjenigen abweichen mufs, die genau das gesuchte Gesetz ausdrücken würde.

Im §. 31 sagte ich, dafs die Irradiation, welche der Mond bei den in §. 11 erwähnten Beobachtungen in Gassendi's Augen entwickelte, als sehr bedeutend müfste betrachtet werden. In der That, nimmt man diese Beobachtungen als genau an, so hätte diese Irradiation 2',5 betragen, während die stärkste von denen in der Tafel des §. 74 nur 1'17",4 war. Zwar ist die Helligkeit des Mondes gröfser als die des Himmels bei Tage gegen Nord; allein wir wissen jetzt, dafs der Ueberschufs von Helligkeit nur einen sehr schwachen Unter-

schied in dem Werthe der Irradiation bewirken kann. Man muſs es übrigens für wahrscheinlich halten, daſs das Auge, bei Tage, durch die beständige Reizung des ihm von allen Seiten zukommenden Lichts weniger für die Irradiation empfindlich sey, als mitten in der Nacht, wenn es nur Licht von einem einzigen hellen Gegenstand, wie der isolirte Mond auf dunklem Himmelsgrunde ist, empfängt.

90. Schreiten wir jetzt zu einem anderen Irradiationsgesetz: ich meine den Einfluſs der gröſseren oder geringeren Helligkeit des den leuchtenden Körper umgebenden Feldes (§§. 10, 11, 23). Ehe ich diesen Einfluſs in seinen Beziehungen zur Theorie untersuche, will ich ein einfaches Mittel zum Erweise seines Daseins angeben. Zunächst streiche man ein Rechteck von dünnem Papier und von gleichen Dimensionen, wie die Pappe der §§. 28, 36 u. s. w., zur Hälfte seiner Länge schwarz an. Dieses Papier ist sonach in zwei Rechtecke getheilt, eins vollständig undurchsichtig, ein anderes halbdurchscheinend, welches letzteres man besser ölt, um seine Durchscheinenheit zu erhöhen. Mit der Spitze eines Federmessers schneide man in dieses Papier eine longitudinale Oeffnung von 5 Millm. Breite, so daſs eine Hälfte in dem schwarzen Felde, die andere in dem durchscheinenden liegt (Fig. 16 Taf. III). Endlich spanne man dieses Papier auf einen Rahmen, oder besser, klebe es auf eine Glasplatte. Wenn man diesen Apparat vor ein Fenster stellt, so daſs er sich gegen den Himmel projicirt, so sieht man, daſs die Längenöffnung eine lichte Zone bilden muſs, deren eine Hälfte auf schwarzem Grunde liegt, und die andere auf einem Grunde von gewisser Helligkeit, aber weit geringerer als die der Zone selbst. Betrachtet man nun aus einigen Metern Entfernung diese beiden Hälften, so erblickt man sie von ungleicher Breite, die erste beträchtlich breiter als die zweite [1]).

1) Der Versuch wurde von sechs Personen und mit gleichem Erfolg wiederholt.

91. Sehen wir, wie dieser Einfluſs der Helligkeit des umgebenden Feldes zusammenhängt mit der Fortpflanzung des Eindrucks auf der Netzhaut. Nach den Thatsachen und Bemerkungen der §§. 48—51 befolgt das Auge in seiner Neigung, fortgepflanzte Eindrücke aufzunehmen, einen umgekehrten Gang wie in der, unmittelbare aufzunehmen. Es ist daher zu glauben erlaubt, daſs wenn das Licht direct auf ein Stück der Netzhaut wirkt, dieses Stück eben dadurch weniger fähig zur Aufnahme eines fortgepflanzten Eindrucks werde. Darnach begreift man, daſs wenn der Grund, auf welchem der leuchtende Gegenstand erscheint, seinerseits auch eine gewisse Lichtmenge in das Auge schickt, der dadurch erzeugte directe Eindruck der Irradiation des Randes vom Gegenstande entgegenwirkt, und das um so mehr, als die Helligkeit des Grundes beträchtlicher ist.

92. Dieſs angenommen, denke man sich einen Gegenstand, der auf einem nicht gänzlich des Lichts beraubten Grunde steht, und nehme an, daſs man die Helligkeit dieses Grundes allmälig wachsen lasse. Die längs dem Umriſs des Gegenstandes entstandene Irradiation wird dann abnehmen, bis die Helligkeit des Feldes der des Gegenstandes gleich geworden ist. Wenn über diese Gränze hinaus die erstere wächst, wird offenbar das Feld seinerseits eine Irradiation erzeugen, die über den Gegenstand weggreift und sich folglich in Rücksicht auf die wahre Umriſslinie des Gegenstandes in umgekehrtem Sinn wie die frühere entwickelt. Die Irradiation geht also gleichsam aus dem Positiven in das Negative. Dieser Uebergang, der eine directe Folge bekannter Thatsachen ist, berechtigt zu der Annahme, daſs in dem Augenblick, da die Helligkeit des Feldes der des Gegenstandes gleich geworden ist, die Irradiation des letzteren auf Null herabsinkt; und da die Wirkung wechselseitig seyn muſs, werden, wenn man, statt eines Gegenstandes und eines umgebenden Feldes, zwei Gegenstände von gleicher Helligkeit in Berührung stehend annimmt, die Irradiationen

beider in der Berührungslinie Null seyn. Wir gelangen also auf anderem Wege zu demselben Schlufs, den wir schon aus der Thatsache der Verringerung zweier benachbarten Irradiationen abgeleitet haben (§. 40). Wenden wir auf diesen, aus der Erfahrung abgeleiteten Schlufs die theoretischen Betrachtungen des vorherigen Paragraphen an, so kommen wir auf die von Hrn. Robison für den Fall zweier sich berührenden Gegenstände von gleicher Helligkeit ausgesprochene Idee zurück (§. 23), „dafs seitens des einen von zwei Bildern keine sympathische Wirkung auf die schon von dem zweiten erregten, anliegenden Theile der Netzhaut ausgeübt werden könne."

93. Es würde sehr leicht seyn, auf das Gesetz, nach welchem sich die Helligkeit des Gegenstandes richtet, analoge Mefsverfahren anzuwenden, wie ich bei den vorherigen Untersuchungen benutzt habe. Ich bekenne indefs, dafs der Wunsch, eine schon so lange Arbeit zu beenden, mich abgehalten hat, diese Arbeit zu unternehmen, auf die ich übrigens in der Folge werde zurückkommen können. Die schon gegebenen Beispiele von der Anwendung dieser Verfahrungsarten, werden hinreichend zeigen, dafs, wie zart und veränderlich auch das Phänomen der Irradiation seyn mag, es dennoch möglich ist, dasselbe unter den verschiedenen Umständen scharf zu messen und einen genauen Ausdruck für jedes seiner Gesetze zu erlangen.

Welche Gestalt übrigens die Curve, welche das uns beschäftigende Gesetz vorstellt, auch haben mag, so mufs doch diefs Gesetz, so wie wir es kennen, folgendermaafsen ausgesprochen werden können:

Sobald das Feld, welches den Gegenstand umgiebt, nicht vollkommen schwarz ist, wird die längs dem Umrifs des Gegenstands entwickelte Irradiation verringert, und das um so mehr, als die Helligkeit des Feldes der des Gegenstandes gleicher wird. Tritt Gleichheit ein, so verschwindet die Irradiation.

Und wir fügen das Corollar hinzu: *Sobald zwei Gegenstände von gleicher Helligkeit einander berühren, ist für jeden derselben in dem Punkte oder der Linie der Berührung die Irradiation Null.*

94. Der Satz vom Einfluſs der Helligkeit des Feldes und der von der Verringerung zweier benachbarten Irradiationen (§§. 36—40) müssen, nach dem Obigen, innig mit einander verknüpft seyn. In der That, es mögen zwei leuchtende Räume von gleicher Helligkeit sich allmälig bis zur Berührung nähern oder von zwei ursprünglich in Berührung stehenden Räumen ungleicher Helligkeit der minder helle dem andern allmälig gleich gemacht werden, so muſs doch das endliche Resultat das nämliche seyn, d. h. man wird auf beiden Seiten zuletzt zwei gleich helle Räume in Berührung haben. Die Wirkung bei dieser Gränze, nämlich die Vernichtung der Irradiation, muſs also in beiden Fällen aus der nämlichen Ursache entspringen, und darnach wird es also sehr wahrscheinlich, daſs die Verringerung, welche die Irradiation vor dieser Gränze in dem einen wie in dem andern Fall erleidet, auch von Ursachen gleicher Ordnung herrührt. In der That werden wir sehen, daſs das Phänomen der Schwächung zweier benachbarten Irradiationen eine ganz natürliche Folge der theoretischen Betrachtungen ist, welche das Vorhergehende erklären. Wenn ein Theil der Netzhaut dadurch, daſs er einen directen Eindruck bekommt, für einen Reiz durch Mittheilung weniger empfänglich wird, und diese Empfänglichkeit für einen zweiten directen Eindruck, von gleicher Intensität mit dem ersten, ganz verliert, so ist es vernünftig anzunehmen, daſs die Art von Abstoſsung, welche jeder dieser Eindrücke auf die Irradiation des andern ausübt, sich bis zu einer gewissen Entfernung fühlbar mache, und daſs demnach, wenn dieselben Eindrücke, statt in Contact zu stehen, durch einen kleinen Zwischenraum getrennt sind, jeder von ihnen die Irradiation des andern

schwächen müsse. Wirklich wäre es schwierig vorauszusetzen, daſs das beim Contact für beide Irradiationen eintretende Hinderniſs durch diesen kleinen Zwischenraum plötzlich vernichtet werde. Das Gesetz der Stetigkeit führt also zu dem durch Erfahrung bestätigten Schluſs, daſs wenn zwei gleich helle und ursprünglich von einander entfernte Gegenstände sich allmälig nähern, ihre anfangs frei sich entwickelnden Irradiationen, zuletzt den Einfluſs des benachbarten Gegenstandes empfinden, und immerfort abnehmen, bis zum Contact beider Gegenstände, wo sie verschwinden.

95. Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, will ich über die Schwächung zweier benachbarten Irradiationen noch einen Versuch anführen, der für einen besonderen Fall das Maaſs derselben liefert. Der Apparat besteht aus einem schwarzen, kreisrunden Stück Pappe, in der Mitte mit einer gleichfalls kreisrunden Oeffnung von etwa fünf Centimetern Durchmesser, über welche ein Coconfaden ausgespannt ist. Hält man diesen Apparat senkrecht vor einen geneigten Spiegel, welcher das Licht des Himmels reflectirt (§. 57.) so sieht man den von der Oeffnung gebildeten leuchtenden Raum zerschnitten in zwei Theile durch die äuſserst dünne Linie, welche der Faden abgiebt. Diese beiden Theile verrichten also den Dienst zweier leuchtenden Gegenstände von gleicher Helligkeit, die einander sehr nahe sind und sich folglich in Bezug auf die wechselseitige Neutralisation ihrer beiden Irradiationen unter sehr günstigen Bedingungen befinden. Wenn nun hierauf eine Person, aus einiger Entfernung vom Apparat, sich langsam demselben nähert, bis zu dem Abstand, wo sie anfängt den Faden zu unterscheiden, so ist klar, daſs bei diesem Abstande die Summe der Gesichtswinkel, welche die zu beiden Seiten des Fadens ausgeübten Irradiationsreste messen, etwas geringer seyn muſs, als der Gesichtswinkel, der, bei gleichem Abstande, die wahre Dicke dieses Fadens umspannt. Mit andern

Worten, da die beiden Irradiationen gleich sind, so muſs jede von ihnen etwas kleiner seyn als die Hälfte dieses letzteren Winkels. Klar ist nämlich, daſs, ohne diese Bedingung, der Faden verdeckt und nicht wahrnehmbar seyn würde. Kennt man also die Dicke dieses Fadens und miſst die besagte Dicke, so ergiebt sich daraus eine Gränze, unterhalb welcher der Werth beider Irradiationen liegen muſs. Miſst man nun bei derselben Person unmittelbar vor und nach diesem Versuch den Werth der frei durch die Helligkeit des Himmels entwickelten Irradiation, so wird man diesen Werth mit obiger Gränze vergleichen, und folglich beurtheilen können, welchen Einfluſs die Nachbarschaft zweier Gegenstände auf die Irradiationen derselben ausübt.

Auf diese Weise verfuhr ich mit der zweiten Person der Tafel des §. 74. Diese Tafel zeigt, daſs bei ihr die von der Himmelshelligkeit erzeugte Irradiation am zweiten Tage 52",6 war, und dieser Werth kommt der Wahrheit sehr nahe, weil er aus einer Gesammtheit von 12 Beobachtungen abgeleitet ist (§§. 75 und 76). Als dieselbe Person einige Augenblicke darauf den Versuch mit dem Coconfaden anstellte, begann sie denselben in der Entfernung von drei Metern zu unterscheiden. Nun hat ein Coconfaden ungefähr die Dicke von 0,01 Millimeter [1]), was für genannte Entfernung einen Gesichtswinkel von 0",69 ergiebt. Die übrigbleibende Irradiation längs jeder Seite des Fadens, müſste also geringer seyn, als die Hälfte dieses Werthes, d. h. als 0",34. Die Nachbarschaft dieser beiden Gegenstände hat mithin im besagten Fall die Irradiation von 52",6 auf weniger als 0",34 zurückgeführt, d. h. auf weniger als den hundert vier und funfzigsten Theil des Werthes, den sie erlangen würde, wenn sie sich frei entwickeln könnte.

Bei diesem Versuch konnte die Person sich nicht irren; sie begann wirklich in drei Metern Abstand den Fa-

1) Pouillet, *Elémens de physique*, 3e *Edit. T.* 1 *p.* 18.

den zu unterscheiden; denn sie wufste zuvor nichts über die Richtung des Fadens, und bei jenem Abstande gab sie, auf meine Anfrage, diese Richtung so an, wie sie in Wirklichkeit war.

96. Aus der Gesammtheit dieses Abschnitts der Abhandlung geht hervor, dafs die Hypothese von einer Fortpflanzung der Eindrücke auf die anliegenden Theile der Netzhaut, nicht blofs auf apriorische Betrachtungen, auf Analogie und auf fast entscheidende Thatsachen gestützt ist, sondern überdiefs alle Gesetze der bei blofsem Auge auftretenden Irradiation auf eine genügende Weise erklärt.

97. Unglücklicherweise stellt sich aber, sobald man zur Beobachtung der Irradiations-Effecte das Auge mit einer Linse bewaffnet, eine Ordnung von Thatsachen ein, deren Verknüpfung mit der besagten Hypothese ich nicht einzusehen vermag.

Der hiezu angewandte Apparat ist analog dem, welchen ich zuvor bei den Mefsversuchen benutzte; *abcd* (Taf. III Fig. 17) ist eine quadratische Kupferplatte von 10 Centimetern Seite, in der Mitte mit einer gleichfalls quadratischen Oeffnung *fghi* von 2 Centimetern Seite. Diese Oeffnung enthält zwei rechtwinkliche Plättchen von polirtem Stahl *fklm* und *nopq*, deren Vorderflächen in der Verlängerung der Fläche der Kupferplatte liegen. Das erste dieser beiden Plättchen ist fest, allein das zweite kann in seiner Ebene längs der Seite *hi* der Oeffnung verschoben werden, mittelst einer Schraube, deren Knopf man in *r* erblickt. Die beiden Plättchen sind vollkommen gearbeitet, ihre freien Ränder nach hinten schneidenförmig, und wenn man das bewegliche Plättchen verschiebt, unter das feste führt, so kommen die Ränder *no* und *ml* blofs in Berührung, ohne indefs gegen einander eine Reibung auszuüben, die sie verbiegen könnte. Endlich steht der Apparat auf einem Gestell von solcher Einrichtung, dafs man ihn heben und senken, auch die

Platte sowohl lothrecht als mehr oder weniger geneigt stellen kann.

Zur Anstellung des Versuchs setzt man den Apparat vor ein Fenster, giebt anfangs der Platte eine solche Neigung, dafs man den Himmel durch Reflexion auf dem polirten Plättchen sieht, und richtet nun die Sachen so ein, dafs die Oeffnungen sich auf einem recht schwarzen Raum projiciren. Alsdann betrachtet man diese Plättchen mittelst einer starken, dicht vor das Auge gehaltenen Lupe [1]), und dreht die Schraube rück- oder vorwärts, bis die beiden Ränder *kl* und *np* genau in gegenseitiger Verlängerung erscheinen. Nachdem diese Bedingung erfüllt ist, stellt man die Platte senkrecht, und begiebt sich vor den Spiegel, welcher das Himmelslicht reflectirt; hierauf betrachtet man abermals die Plättchen mit der Lupe, ohne die Schraube zu berühren. Obwohl nun bei dieser zweiten Anordnung des Apparats die Umstände die umgekehrten sind, da die Oeffnungen erleuchtet, und die Plättchen dunkel erscheinen, so scheint doch in der relativen, scheinbaren Lage der beiden Ränder *kl* und *np* nichts geändert, vielmehr fahren sie fort in gegenseitiger Verlängerung zu liegen [2]).

98. Um das Merkwürdige dieses Versuches recht zu begreifen, bemerke man zunächst, dafs derselbe, vermöge seiner Anstellungsweise, den scheinbaren Irradiations-Effect längs den Rändern *kl* und *np* vergröfsern mufste. Denn, wenn bei dem ersten Theil der Operation, d. h. als man die Plättchen durch Reflexion betrachtete und diese leuchtend erschienen, eine merkliche Irradiation sich längs den Rändern *kl* und *np* entwickelte, müfste man die Plättchen, um sie scheinbar in ge-

1) Die von mir angewandte Lupe hatte ungefähr drei Centimeter Brennweite.

2) Von fünf Personen, die diesen Versuch wiederholten, sagte mir eine, dafs vielleicht noch eine, aber äufserst geringe Irradiation zurückbliebe.

genseitige Verlängerung zu bringen, in Wirklichkeit offenbar von einander entfernen, um eine Gröfse, die, durch die Lupe gesehen, gleich wäre der Summe ihrer beiden Irradiationen. Wenn man darauf den Apparat in Projection gegen den Himmel betrachtet, und nun die Oeffnungen leuchtend erscheinen, scheint die durch sie längs denselben Rändern entwickelte Irradiation diese Ränder auseinanderrücken zu müssen, und der Effect dieser scheinbaren Auseinanderrückung würde sich offenbar der wirklich zwischen ihnen eingetretenen addiren. Die Summe dieser partiellen Effecte hätte also ein weit beträchtlicheres Gesammtresultat erzeugen müssen.

Da man nun, wenn man den Versuch auf angezeigte Weise macht, keine merkliche Auseinanderweichung wahrnimmt, so darf man wohl daraus schliefsen, dafs wenn sich eine Irradiation entwickelt, diese doch zu klein ist, um durch das Verfahren erkennbar zu werden. Zweitens weifs man, dafs, wenn ein Gegenstand durch eine Lupe betrachtet wird, das an die Stelle dieses Gegenstandes tretende Bild immer in der Entfernung des deutlichen Sehens liegt. Andrerseits habe ich gezeigt (§. 71), dafs bei dieser selben Entfernung, die Irradiation für das nackte Auge sehr sichtbar ist, und man kann sich überdiefs überzeugen, wie ich es weiterhin zeigen werde, dafs der in Rede stehende Apparat dieselbe vollkommen zeigt. Während also, nach dem obigen Versuch, der mit blofsem Auge und aus der Entfernung des deutlichen Sehens betrachtete Apparat eine sehr merkliche Irradiation zeigt, läfst das mit einer in derselben Entfernung befindlichen starken Lupe erzeugte und sehr nahe eben so helle Bild des nämlichen Apparats keine wahrnehmbare Irradiation erblicken. Man kann nicht annehmen, dafs diefs von der Vergröfserung des Bildes herrühre, die, im Contrast dazu, die Irradiation sehr klein mache. Denn es handelt sich hier blofs darum zu beurtheilen, ob zwei gerade Linien in gegenseitiger Verlängerung erscheinen oder nicht,

und

und darauf hat offenbar die größere oder geringere Länge, in welcher sich diese Linien zeigen können, keinen Einfluß. Wir werden also zu dem sonderbaren Schluß geführt, daß die Lupen an sich ein Vermögen besitzen, die Ocular-Irradiation bedeutend zu verringern. Ich sage bloß: zu verringern; denn wir werden bald (§. 103) sehen, daß man für diesen Fall keine gänzliche Zerstörung des Phänomens annehmen kann.

Ich habe gesagt, daß der Apparat mit den Stahlplättchen die Irradiation bei bloßem Auge in der Entfernung des deutlichen Sehens vollkommen wohl zeige. Um dieß zu erweisen, braucht man nur die obigen Operationen ohne Lupe zu wiederholen. Die Plättchen durch Reflexion mit bloßem Auge betrachtend, verschiebe man das bewegliche von ihnen bis für die deutliche Sehweite die Ränder *kl* und *np* in gegenseitiger Verlängerung erscheinen; dann stelle man den Apparat senkrecht vor dem geneigten Spiegel auf und betrachte ihn abermals, stets das Auge in der deutlichen Sehweite haltend. Man wird nun die Ränder sehr merklich auseinandergerückt erblicken.[1]).

99. Die Versuche mit der Lupe erfordern einige Vorsicht, deren Erwähnung hier nothwendig ist. Zunächst, wenn der Apparat für die Beobachtung durch Reflexion aufgestellt worden, muß die Lupe so gehalten werden, daß sie gegen die Plättchen keine zu schiefe Lage habe, sonst würde nur ein sehr kleiner Theil von der Länge der Ränder *kl* und *np* deutlich sichtbar seyn, und die Verworrenheit des Restes dieser Ränder die Beobachtung schwierig machen. Da andererseits die von den Plättchen reflektirten Strahlen so auf die Lupe fallen müssen, daß sie deren Axe parallel sind, so folgt aus diesen beiden Bedingungen, daß diese reflectirten Strahlen, mithin auch die einfallenden, die der Himmel

1) Sieben Personen hatten diesen Versuch wiederholt und zwar mit gutem Erfolg.

aussendet, nur einen kleinen Winkel mit der Normale der reflectirenden Fläche machen dürfen. Allein dann wird es für den Beobachter unmöglich, sich so zu stellen, daſs nicht sein Kopf die auffallenden Strahlen auffange. Um diese Schwierigkeit zu heben, versehe man den Apparat mit einem kleinen Planspiegel, von etwa 13 Millim. Höhe und 3 Centimet. Breite, so angebracht, wie man es bei *ab* in Fig. 18 sieht, welche den ganzen Apparat in Seitenansicht darstellt. Giebt man nun der Kupferplatte und dem kleinen Spiegel die gehörigen Neigungen, so werden die Strahlen, welche, wie *cd*, schief vom Himmel kommen, anfangs an diesem Spiegel reflektirt, und dann, nachdem sie die Stahlplättchen getroffen haben, in der Richtung *fg* zurückgesandt, die für die Beobachtung hinreichend nahe an der Normale liegt. Auf diese Weise kann man zwar die erleuchteten Plättchen nicht ganz überblicken, allein man sieht die den Punkten *l* und *n* (Fig. 17) benachbarten Theile und dieſs genügt. Der kleine Spiegel ist übrigens so vorgerichtet, daſs er fortgenommen werden kann, wenn man den Apparat durch Transmission betrachten will. Eine andere nothwendige Bedingung für das Gelingen des Versuchs ist die: daſs die Lupe auf ein Gestell befestigt sey, welches erlaubt, sie langsam in die gehörige Lage zu bringen. Begnügte man sich, sie mit der Hand zu halten, so würde es schwierig seyn, ihr die zur Beurtheilung des Effects erforderliche Festigkeit zu geben, denn da die Lupe von sehr kurzer Brennweite ist, so reicht eine geringe Verrückung hin, um längs den zu beobachtenden Rändern Farben zu erzeugen oder scheinbar eine geringe Auseinanderweichung derselben zu veranlassen.

100. Ich habe die eben nachgewiesene Thatsache noch mehr zu verallgemeinern gesucht, indem ich dieselben Versuche mit einer Reihe anderer Linsen von verschiedenen Brennweiten wiederholte. Zuvörderst versuchte ich die Wirkung einer biconvexen Linse von 5,5

Centimetern Brennweite, und die Irradiation zeigte sich nicht mehr so, wie mit der ersten Lupe. Eine planconvexe Linse von gleicher Brennweite gab noch dasselbe Resultat [1]). Darauf wandte ich eine biconvexe Linse von 16 Centimetern Brennweite an. Von fünf Personen, die den Versuch machten, sahen jetzt zwei ein sehr geringes Auseinanderweichen der Ränder beider Plättchen, und eine dritte glaubte ein äufserst geringes nach längerer anhaltender Betrachtung wahrzunehmen. Bei Ersetzung dieser Linse durch eine planconvexe von gleicher Brennweite waren die Resultate dieselben, d. h. diejenigen Personen, die mit der vorherigen Linse keinen Irradiationseffect bemerkt hatten, sahen auch jetzt keinen, während die, welche zuvor eine kleine Auseinanderweichung unterschieden hatten, sie auch jetzt wahrnahmen, und ihr nahe dieselbe Gröfse beilegten.

101. Die eben dargelegten Resultate scheinen anzuzeigen, dafs die die Irradiation verringernde Wirkung convergirender Linsen desto weniger hervortritt, je gröfser die Brennweite ist. Hieraus und aus der grofsen Wahrscheinlichkeit, dafs ein planes Glas keine Wirkung ausübe, stand zu schliefsen, dafs divergirende Linsen umgekehrt wie convergirende wirken, d. h. die Irradiation vergröfsern würden. Und wirklich habe ich diefs so gefunden, wie man weiterhin sehen wird. Eine Schwierigkeit trat mir anfangs entgegen. Es stand zu fürchten, dafs divergirende Linsen für Nicht-Kurzsichtige das Sehen verwirrend machen würden, und diefs also eine Fehlerquelle herbeiführen könnte. Allein bald sah ich ein, dafs wenn man sehr schwache Linsen anwendete, die Augen sich ohne Zweifel bei geringer Anstrengung so ajustiren würden, dafs die Deutlichkeit des Sehens erhalten bliebe, und wirklich habe ich mich überzeugt, sowohl bei meinen Augen als bei denen der Personen, die die Versuche

1) Der erste dieser Versuche wurde nur von zwei Personen wiederholt, der zweite von drei.

wiederholten, dafs dem so sey. Die Linsen, deren ich mich bediente, hatten 2,20 Meter Brennweite. Der Apparat mit den Stahlplättchen wurde immer so aufgestellt, dafs er sich auf ein leuchtendes Feld projicirte; die Person betrachtete ihn anfangs mit blofsem Auge aus der Entfernung des deutlichen Sehens, dann, wann sie des scheinbaren Auseinanderweichens beider Ränder wohl gewifs war, stellte sie die obigen Linsen vor ihre Augen, und untersuchte, ob das Auseinanderweichen eine Abänderung erlitten hätte. Von fünf Personen, die den Versuch anstellten, sahen vier eine Zunahme des Auseinanderweichens; die fünfte bemerkte anfangs keine Veränderung, allein als statt der genannten Linsen zwei andere von 1,90 Meter Brennweite genommen wurden, sah auch sie eine Zunahme, obwohl das Sehen deutlich geblieben war. Divergirende Linsen vergröfsern also die Irradiation, und der Versuch mit der letzten Person scheint anzuzeigen, dafs die Wirkung desto deutlicher, je stärker die Linse ist. Was die Wirkung eines Planglases betrifft, so habe ich sie nur bei meinen eignen Augen versucht, und, wie zu erwarten, keine Abänderung in der Irradiation dabei bemerkt.

102. Die Versuche des §. 100 scheinen noch zu dem Schlufs zu führen, dafs die Wirkung der Linsen nur von ihrer Brennweite und nicht von der absoluten Krümmung ihrer Flächen abhängt. Denn man sah, dafs, wenn statt der biconvexen Linsen, planconvexe von gleicher Brennweite genommen wurden, die Effecte gleich zu bleiben schienen.

103. Die in §§. 97 und 100 angeführten Thatsachen zeigen, dafs bei Anwendung convergirender Linsen von etwas kurzer Brennweite, die Irradiation, welche unser gegen den Himmel projicirter Stahlplättchen-Apparat zu entwickeln trachtet, zu schwach für die Wahrnehmung wird. Hiernach ist einleuchtend, dafs, bei astronomischen Beobachtungen, das Ocular des Fernrohrs,

wie schon angedeutet (§§. 29—31) einen vorwaltenden Einfluſs auf die das Bild eines Gestirns umgebende Irradiation ausüben muſs; allein die Resultate dieser astronomischen Beobachtungen beweisen andrerseits, daſs die Lupen diese Irradiation nicht vollständig zerstören. Dieſs muſs aus den im §. 23 erwähnten Versuchen des Hrn. Robison nothwendig gefolgert werden. Hält man es übrigens für erwiesen, daſs die Wirkung convergirender Linsen auf die Irradiation sich umgekehrt wie ihre Brennweite verhält, so erlauben die Stetigkeitsgesetze nicht die Annahme, daſs diese Wirkung für eine gewisse Brennweite die Irradiation vollständig zerstören könne, wenigstens nicht zugleich die Annahme, daſs die Erscheinung, bei einer kürzeren Brennweite, wieder hervorzutreten anfange, oder das Zeichen wechsle, was wenig wahrscheinlich ist, und schwer übereinstimmen würde mit unseren Versuchen mit Linsen von drei und von fünf und ein halb Centimeter Brennweite.

104. Zusammengefaſst, wird also die Irradiation durch Vorsetzung einer Linse vor das Auge abgeändert, und diese Abänderung scheint folgenden Gesetzen unterworfen zu seyn: 1) die Irradiation wird durch convergirende Linsen geschwächt; diese, bei kurzer Brennweite, beträchtliche Wirkung nimmt ab, so wie die Brennweite zunimmt, wird Null, wenn diese unendlich ist, und wechselt das Zeichen mit ihr, d. h. die Irradiation wird im Gegentheil stärker durch divergirende Linsen; 2) unsere Versuche, obwohl nicht so zahlreich, um in diesem Bezuge einen ganz sicheren Schluſs zu ziehen, scheinen anzudeuten, daſs die Wirkung der Linsen nur von deren Brennweite abhängt, und nicht von der absoluten Krümmung ihrer Oberflächen.

105. Kann nun diese Wirkung der Linsen auf die von uns auseinandergesetzte Theorie der Irradiation zurückgeführt werden? Das scheint mir schwierig, ich bekenne es. Denn wenn man einen Gegenstand durch

eine Lupe betrachtet, gelangen die Lichtstrahlen ins Auge, wie wenn sie von einem Bilde ausgingen, dessen Helligkeit, wenigstens wenn die Lupe nicht zu klein ist, der des Gegenstandes gleichkommt. Es mögen also die Strahlen von diesem Bilde oder direct von dem Gegenstande selbst kommen, so scheint es müssen sie auf dem Grunde des Auges dieselbe Erregung bewirken, und diese also müfste sich um dieselbe Gröfse auf die benachbarten Theile der Netzhaut ausdehnen. Da andrerseits das virtuelle Bild in der deutlichen Sehweite liegt, so scheint es, der Beobachter müsse der Irradiation, welche dasselbe entwickelt, dieselbe Breite, wie der des Gegenstandes selbst beilegen, sobald letzterer ebenfalls in der Entfernung des deutlichen Sehens befindlich ist.

Betrachtet man die Wirkung der Linsen auf die Irradiation gesondert, abgesehen von den Gesetzen dieser beim blofsem Auge, so scheint sich zunächst die Idee aufzudringen, dafs die Irradiation von dem Gang der Lichtstrahlen in den Feuchtigkeiten des Auges abhange, weil sie abgeändert wird, wenn man zu dem Linsensystem, aus welchem das Auge besteht, noch eine Linse hinzufügt. Man könnte hiernach versucht seyn, die Irradiation einer sphärischen Abirrung des Organs zuzuschreiben, einer Abirrung, die durch Vorsetzung einer Lupe mehr oder weniger berichtigt wird. Allein in dieser Hypothese begriffe man schwierig, wie Lupen von sehr verschiedener Krümmung, z. B. die von 3 Centm. und die beiden von 5,5 Centm. Brennweite, die eine biconvex und die andere planconvex, diese Abirrung gleich stark aufheben; warum ferner die beiden Linsen von 16 Centm. Brennweite, von denen die eine auch biconvex und die andere planconvex war, diese Abirrung nicht um dieselbe Gröfse berichtigten, warum endlich die Wirkung der Linsen im umgekehrten Verhältnifs ihrer Brennweite zu stehen scheint, mit dieser das Zeichen wechselt und keine Beziehung zur absoluten Krümmung der Flächen

hat. Es scheint in der That einleuchtend, dafs, um bei einem Linsensystem, wie das des Auges, die Abirrung wegen der Kugelgestalt aufzuheben, eine hinzugesetzte Linse von gegebener Brennweite bestimmte Krümmungen haben müsse, und dafs, wenn bei gleichbleibender Brennweite die Krümmungen sich ändern, die Abirrung entweder gar nicht mehr vernichtet, oder weniger gehoben, oder zuweilen verstärkt werden müsse. Was für Hypothesen müfste man überdiefs häufen, um durch eine sphärische Abirrung des Auges die Mehrzahl der bei blofsem Auge beobachteten Irradiationsgesetze zu erklären, z. B. den Einflufs der Dauer des Sehens nach dem Gegenstand, die grofsen Verschiedenheiten der Irradiation bei einem und demselben Individuum von einer Zeit zur andern, die Unabhängigkeit zwischen dem sie messenden Gesichtswinkel und der Entfernung des Gegenstandes, den Einflufs des diesen Gegenstand umgebenden Feldes und die Schwächung zweier benachbarten Irradiationen [1]).

Erinnert man sich endlich, welche Wahrscheinlichkeiten die Theorie für sich hat, die aus der Irradiation ein Phänomen der Empfindung macht; bedenkt man, dafs diese Theorie auf Betrachtungen und Thatsachen beruht, welche sie fast nothwendig machen, dafs sie alle Gesetze der bei blofsem Auge auftretenden Irradiation mit Leichtigkeit erklärt, dafs endlich mehre dieser Gesetze erfordern, das Phänomen einer von der individuellen Empfindlichkeit der Netzhaut abhängigen Ursache zuzuschreiben, so wird man zu dem Glauben geneigt seyn, dafs zwischen der Wirkung der Linsen und der Fortpflanzung des Eindrucks auf dem Grunde des Auges irgend eine versteckte Beziehung stattfinde. Alles, was unsere Sinne betrifft, ist noch so von Dunkelheit eingehüllt,

1) Diese letztere Erscheinung könnte auf den ersten Blick einen Interferenz-Effect vermuthen lassen; allein, wie leicht ersichtlich, kann dem nicht so seyn, da die Strahlen, welche interferiren sollten, nicht von derselben Quelle ausgehen.

dafs es verwegen wäre, aus der Schwierigkeit, welche die Linsenwirkung veranlafst, ein bündiges Argument wider eine andrerseits so wohl begründete Theorie erheben zu wollen.

106. Wir beschliefsen diese Abhandlung mit einer Aufstellung sämmtlicher Irradiationsgesetze und der verschiedenen Folgerungen, zu denen wir gelangt sind.

A. Ocular-Irradiation.

1. Die Irradiation ist eine wohl festgestellte, leicht zu erweisende, sehr veränderliche, aber unter allen Umständen genau mefsbare Thatsache.

2. Sie zeigt sich bei jeder Entfernung des sie erzeugenden Gegenstandes, von der kürzesten des deutlichen Sehens bis zu jeder beliebigen.

3. Der Gesichtswinkel, den sie umspannt und der sie mifst, ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes.

4. Daraus folgt, dafs die absolute Breite, welche wir ihr beilegen, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, proportional ist der Entfernung, die zwischen dem Gegenstand und unserem Auge vorhanden ist, oder uns scheint vorhanden zu seyn.

5. Die Irradiation wächst mit der Helligkeit des Gegenstandes, aber weit weniger rasch als diese. Verzeichnet man das Gesetz durch eine Curve, welche die successiven Werthe der Helligkeit von Null ab zu Abscissen, und die entsprechenden Werthe der Irradiation zu Ordinaten hat, so geht diese Curve durch den Anfang der Coordinaten, kehrt ihre Concavität gegen die Abscissenaxe und besitzt eine dieser Axe parallele Asymptote. Für eine Helligkeit wie die des Himmels gegen Norden ist die Curve schon sehr ihrer Asymptote nahe.

6. Wenn das den Gegenstand umgebende Feld nicht völlig lichtlos ist, so wird die Irradiation geschwächt, desto mehr als die Helligkeit des Feldes sich der Gleich-



heit mit der des Gegenstandes nähert. Tritt diese Gleichheit ein, so verschwindet die Irradiation.

7. Daraus folgt, daſs wenn zwei gleich helle Gegenstände einander berühren, die Irradiation für jeden von ihnen in dem Punkte oder der Linie der Berührung Null ist.

8. Zwei benachbarte und hinreichend nahe Irradiationen erleiden beide eine Schwächung. Diese Schwächung ist desto beträchtlicher als die Ränder der leuchtenden Räume, von denen die beiden Irradiationen ausgehen, einander näher sind.

9. Die Irradiation nimmt zu mit der Dauer der Anschauung des Gegenstandes.

10. Bei demselben Individuum und bei einem Gegenstand von gleicher Helligkeit schwankt die Irradiation von einem Tag zum andern.

11. Die von einer und derselben Helligkeit erregte mittlere Irradiation ist sehr verschieden von einem Individuum zum andern.

12. Die Irradiation wird abgeändert, wenn man eine Linse vor das Auge bringt. Sie wird verringert durch convergirende Linsen, und erhöht durch divergirende.

13. Diese Wirkung der Linsen scheint nur von deren Brennweite abzuhängen, und nicht von den absoluten Krümmungen ihrer Oberflächen. Sie scheint desto stärker zu seyn, je kürzer die Brennweite ist.

14. Die wahrscheinlichste Ursache der Irradiation scheint die jetzt allgemein angenommene zu seyn, nämlich: daſs der durch das Licht erzeugte Reiz sich auf der Netzhaut ein wenig über den Umriſs des Bildes fortpflanzt. Mittelst dieses Satzes, der übrigens auf Thatsachen gestützt ist, kann man alle Gesetze der mit bloſsem Auge beobachteten Irradiation erklären; allein man stöſst auf Schwierigkeiten, wenn man die Wirkung der Linsen in Betracht zieht.

B. Irradiation bei astronomischen Instrumenten.

15. Der Fehler bei astronomischen Beobachtungen erzeugt durch das, was man hier Irradiation genannt hat, entspringt aus zwei wesentlich verschiedenen Ursachen: der Ocular-Irradiation und den Abirrungen des Fernrohrs.

16. Bei diesem Gesammtfehler ist der von der Ocular-Irradiation herrührende Theil abhängig von der Vergrößserung an sich, von der Helligkeit des Gegenstandes und von dem Auge des Beobachters. Er wird übrigens bedeutend verringert durch die Wirkung, welche das Ocular des Fernrohrs als eine vor das Auge gebrachte Sammellinse ausübt; und diese Verringerung ist wahrscheinlich desto gröfser, je kräftiger das Ocular ist. In dem, was das Auge des Beobachters betrifft, mufs die Wirkung verschieden seyn von einer Person zur andern, und, für eine und dieselbe Person, von einer Zeit zur andern.

17. Dieser nämliche Theil des Gesammtfehlers verschwindet bei den Beobachtungen, wo man ein Mikrometer mit doppeltem Bilde anwendet.

18. Der andere Theil des Gesammtfehlers, d. h. der aus der Abirrung des Fernrohrs entspringende Theil, ist nothwendig verschieden in verschiedenen Instrumenten; allein für ein und dasselbe Fernrohr kann er als nahe constant betrachtet werden.

19. Der Irradiations-Effect bei Fernröhren oder der Gesammtfehler, herrührend von der Ocular-Irradiation und den Abirrungen des Instruments, ist nothwendig veränderlich, weil er von veränderlichen Elementen abhängt. Er wird in gewissen Fällen unmerklich, und in andern sehr beträchtlich werden können.

20. Selbst mit einem mittelmäfsigen Fernrohr und einem sehr zur Irradiation geneigten Auge ist es möglich,

mit Hülfe gewisser Verfahrungsarten, Resultate zu erhalten, die man als frei von diesem Gesammtfehler betrachten kann.

III. *Ueber die Interferenzen des Lichts, als Mittel zur Lösung verschiedener sehr feiner Aufgaben der Physik, und als Grundlage zur Anfertigung neuer meteorologischer Instrumente; von Hrn. Arago.*

(Compt. rend. T. X p. 813.)

Wenn zwei Bündel weifsen Lichts aus gemeinschaftlicher Quelle sich in einem und demselben homogenen Mittel fortpflanzen, so bilden sie, wenn sie fast gleiche Wege durchlaufen haben, überall, wo sie einander unter kleinen Winkeln schneiden, ein System von einigen vollkommen sichtbaren dunklen und hellen Fransen. Die Franse in der Mitte spielt von allen am wenigsten Farben, und daran ist sie leicht erkennbar. An dem Ort, den sie einnimmt, haben die interferirenden Strahlen genau gleiche Wege durchlaufen. Zu beiden Seiten dieser mittlichen Franse ist Alles ähnlich an Gestalt, an Färbung und Helligkeit.

Schon vor vielen Jahren erkannte Hr. A., dafs die Länge der durchlaufenen Wege nicht die alleinige Bedingung sey für den Ort der so aus der Interferenz zweier Lichtbündel entstehenden Fransen. Indem er, in Luft, eine äufserst dünne Glasplatte in die Bahn *eines* der Bündel stellte, sah er die Fransen *nach Seite dieser Platte* hingerückt. Dieser Versuch, oftmals wiederholt mit Mitteln aller Art, starren, flüssigen und gasigen, führte zu einem Gesetz, welches auf eine sehr einfache Weise die Verschiebung der Fransen verknüpfte mit der Brech-

kraft und der Dicke des durchsichtigen Körpers, der von dem einen der beiden Bündel durchdrungen worden. Ohne Hülfe der Undulationstheorie wäre diefs Gesetz unzweifelhaft sehr schwierig aufzufinden gewesen; allein nichtsdestoweniger darf es gegenwärtig als ein von jeder Hypothese unabhängiges Erfahrungsgesetz betrachtet werden, dessen sich die Vertheidiger des Emissionssystems eben so gut bedienen können, als die Widersacher desselben.

Seit der Entdeckung dieses gänzlich neuen Mittels zur Messung der Brechkraft durchsichtiger Körper mufste Hr. A. wohl daran denken, es zur Ermittlung dieser Kraft bei der feuchten Luft anzuwenden. In der That hatte er ein grofses Interesse daran, definitiv zu wissen, ob das Hygrometer bei Berechnung der astronomischen Strahlenbrechung zu berücksichtigen sey. Das ist eine schon von zwei berühmten Mitgliedern der Akademie behandelte Frage, zunächst von Laplace, mittelst der allgemeinen Voraussetzung, dafs Flüssigkeiten und ihre Dämpfe ein gleiches Brechvermögen haben, einer Voraussetzung, die nach dem Emissionssystem zwar sehr plausibel war, durch spätere Untersuchungen aber nicht bestätigt worden ist; — dann von Biot, nach Versuchen, die ganz so genau waren, als es die angewandte Methode mit sich brachte. Fresnel vereinigte sich mit Hrn. Arago, um den von diesem entworfenen Versuch auszuführen. Es geschah auf folgende Weise:

Zwei Röhren von dünnem Kupfer, ungefähr ein Meter lang, wurden nach Art einer doppelläufigen Flinte aneinander gelöthet. Beide Röhren waren an jedem Ende durch ein und dasselbe Planglas verschlossen. Hähne verstatteten den zu untersuchenden Substanzen den Eintritt.

Als die beiden Röhren Luft von gleicher Dichtigkeit, gleicher Temperatur und gleichem Feuchtigkeitsgrade einschlossen, erzeugte das Bündel, welches die Röhre rechts durchlief, bei seinem Austritt, durch Vermengung mit dem

Bündel aus der linken Röhre, farbige Fransen, welche fast genau die nämliche Stelle einnahmen, wie diejenigen, die aus der Einwirkung der nämlichen Bündel bei Fortpflanzung in freier Luft entsprangen.

Enthielten beide Röhren Luft von gleicher Elasticität, war aber in der einen Chlorcalcium, und in der andern Wasser, schloſs also jene vollkommen trockne, diese dagegen vollkommen feuchte Luft ein, so nahmen die Fransen, gebildet aus der Interferenz des Bündels, welches ein Meter feuchter Luft durchlaufen hatte, mit dem, welches durch ein Meter trockner Luft gegangen war, nicht mehr denselben Ort ein, wie die in freier Luft erzeugten Fransen. Die Einschaltung der Röhren bewirkte eine beträchtliche Verschiebung, eine Verschiebung um anderthalb Fransenbreiten, und zwar immer *nach Seite der trocknen Luft*.

Der Sinn der Fransenverschiebung zeigte zuvörderst auf eine unwiderlegliche Weise, *daſs trockne Luft ein gröſseres Brechvermögen habe als feuchte*. Es blieb nur noch, den Unterschied anzugeben.

Aus dem oben angeführtem Gesetz, oder vielmehr aus Versuchen, durch welche bestimmt worden, wie viel der Druck der Luft in der einen Röhre vermindert werden muſste, damit die Fransen um anderthalb Fransenbreiten nach der gegenüberliegenden Seite hinrückten, leitete man geradezu den Unterschied im Brechvermögen beider Luftmassen ab. Allein es war möglich, daſs sich auf die Innenseite der beiden Gläser, an den der Röhre mit feuchter Luft entsprechenden Stellen, eine leichte Schicht von Feuchtigkeit abgesetzt hatte; und eine solche Schicht, wie dünn man sie auch annähme, würde bei der Erscheinung eine wichtige Rolle spielen, würde den gröſsten Theil des gesuchten Effects verstecken. Das ist eine Schwierigkeit, welche Fresnel abhielt, irgend eine Zahl zur Stütze des von ihm und Hrn. Arago aus dem gemeinschaftlichen Versuch gezogenen Schlusses zu geben.

Seitdem hat Hr. Arago diese Schwierigkeit vollkommen beseitigt, durch Wiederholung des früheren Versuchs mittelst zweier andern Röhren, einer trocknen und einer feuchten, die an beiden Enden *durch dieselben Gläser*, die früher gebraucht wurden, verschlossen waren, aber dieſsmal, statt ein Meter, nur eine Länge von einem *Centimeter* hatten. Der Einfluſs des Unterschiedes im Brechvermögen beider Luftmassen war sonach fast eliminirt; es blieb fast nichts mehr übrig als die Wirkung der, auf Seite der feuchten Röhre, gegen die Innenfläche beider Glasplatten niedergeschlagenen Feuchtigkeitsschicht. Und diese Wirkung war beständig unmeſsbar. Die bei den ein Meter langen Röhren beobachtete Verschiebung um anderthalb Fransenbreiten hing also lediglich vom Unterschiede in den brechenden Eigenschaften der trocknen und der ganzen feuchten Luft ab. Der Unterschied war bei +27° C so groſs, daſs, nahm man, als Verhältniſs des Einfallssinus zum Brechungssinus für den Uebergang der Luft aus dem Vacuo in *trockne Luft*, die Zahl

1,0002945,

dieſs Verhältniſs für den Uebergang des Lichts in *feuchte* Luft wurde:

1,0002936.

Sonderbar! Ein Unterschied in der siebenten Decimalstelle der Brechungsverhältnisse fand sich demnach mittelst Versuche erwiesen, bei denen kein Strahl gebrochen worden war. Fügen wir hinzu, daſs, da die Genauigkeit der Methode proportional ist der Länge der angewandten Röhre, nichts hinderte noch viel weiter zu gehen.

Zu diesem Versuch giebt es einen ergänzenden, mit dem Hr. Arago beschäftigt ist. Es fragt sich nämlich, ob die Wärme auf die Brechkraft der Luft einen, von deren ausdehnender Wirkung unterscheidbaren, Einfluſs ausübe. Die Frage verdient um so mehr beantwortet zu werden, als heiſses Glas *stärker* bricht als kaltes.

Man mufste, um in der so wichtigen und feinen Frage über die astronomische Strahlenbrechung nichts Schwankhaftes übrig zu lassen, den Einflufs der Elektricität, sowohl der ruhenden als der strömenden, untersuchen. Alles diefs ist jetzt ausführbar.

Wir werden nun einige andere Anwendungen der Methode, die Hr. Arago der Akademie auseinandergesetzt hat, kurz angeben.

Man denke sich *eine einzige* Röhre von gewisser Länge, luftleer, und hermetisch verschlossen an beiden Enden durch Glasplatten. Bei zweckmäfsiger Wahl dieser beiden Glasplatten und einer dritten, beweglichen, neben dem Rohr in die Bahn des äufseren Lichtbündels aufzustellenden Platte, kann man es nun durch einen Compensations-Effect dahin bringen, dafs aus der Interferenz des durch das Vacuum und des durch die äufsere Luft fortgepflanzten Strahlenbündels Fransen entstehen, ganz wie wenn beide Bündel sich in einem homogenen Mittel bewegt hätten. Nur werden, wenn die äufsere Luft ihre Brechkraft ändert, die Fransen sich verschieben. Sie werden gegen die luftleere Röhre vorrücken, wenn die Brechkraft abnimmt, und zurückweichen, wenn sie zunimmt. Ein solches Instrument könnte also, in Laboratorien, statt des Barometers und Thermometers, zur Bestimmung des Brechvermögens der Atmosphäre angewandt werden. Die Beobachtung könnte in der Höhe des Objectivs der astronomischen Instrumente ausgeführt werden, und so würden endlose Streitigkeiten über die Zweckmäfsigkeit des Gebrauchs eines äufseren oder inneren Thermometers bei Berechnung der Strahlenbrechungen abgeschlossen werden.

Bie Brechung der Luft ist eine Function ihres Drucks und ihrer Temperatur. Bleibt der Druck unverändert, und ändert sich die Temperatur nun um *einen einzigen Centigrad,* so verschieben sich, in einem Instrument von elf Decimetern Länge, die Fransen *um mehr als zwei*

ganze Fransenbreiten. Diese Verschiebung läfst sich bis auf ein Zehntel einer Fransenbreite genau messen. Das besagte Instrument combinirt mit einem Barometer, kann also die Lufttemperatur bis auf 0,05 Grad bestimmen.

Diese ungemeine Empfindlichkeit könnte durch Verlängerung der leeren Röhre noch erhöht werden, allein dennoch ist diefs nur einer der geringeren Vorzüge der Methode. Auf ein Thermometer wirkt die Strahlung des Himmels, die Strahlung des Bodens, die Strahlung aller Gegenstände in seiner Umgebung; es giebt also nie die Temperatur der Luft. Dagegen ist das Resultat, welches aus einer Eigenschaft der Atmosphäre, einer Function ihrer Temperatur, abgeleitet wird, vollkommen sicher vor allen diesen Fehlerquellen.

Wollte man sich auf Reisen mit Lufttemperaturen begnügen, wie man sie gegenwärtig mittelst Thermometer bestimmt, so könnte die leere Röhre als Barometer dienen. Eine Röhrenlänge von einem Meter würde Schwankungen im Druck bis zu *einem und zwei Decimillimeter* zu bestimmen erlauben. Ein Barometer ohne Flüssigkeit scheint gewifs eine sonderbare Sache zu seyn; allein vor allem empfiehlt es sich den Reisenden durch seine geringe Zerbrechlichkeit.

Hr. Arago hat gezeigt, dafs seine Methode, Refractionen zu bestimmen, auf Atmosphären in jeder Entfernung von erhitzten oder nicht erhitzten Körpern anwendbar ist; auf Verfolgung der interessanten Versuche Faraday's über die begränzte Atmosphäre des Quecksilbers und deren Dichtigkeitsabnahme mit Entfernung von dieser Flüssigkeit; vielleicht sogar, mit hinreichend langen Röhren, auf Sichtbarmachung des Einflusses von Gerüchen.

Die Augenblicklichkeit der Beobachtung erlaubt noch die Hoffnung, dafs man, bei zweckmäfsiger Aufstellung der leeren Röhre in Bezug auf ein Centrum starker Er-

schüt-

schütterung, dem Auge mehre Eigenschaften der Schallwellen sichtbar machen werde.

Was Flüssigkeiten betrifft, so folgt aus bereits angestellten Versuchen, dafs man durch die Beobachtung der Fransen beim Wasser, selbst nahe dem Dichtigkeits-Maximum, Veränderungen in der Brechung, entsprechend einem $\frac{1}{40}$ Centigrad, werde nachweisen können. Wer sieht nicht hierin ein neues und äufserst genaues Mittel, die Fortpflanzung der Wärme in Körpern dieser Art zu studiren, ohne in Zukunft nöthig zu haben, die Continuität derselben durch Eintauchung der Kugel und des Stiels eines Thermometers zu unterbrechen. Dieselbe Bemerkung gilt für das Studium der Wärmefortpflanzung durch starre klare Körper.

Endlich könnten selbst die Anwüchse, welche Glas und Wasser durch Zusammendrückung in ihrer Brechkraft erleiden, mit Hülfe dieser neuen Instrumente wahrnehmbar gemacht werden. Mit einer Röhre von einem Meter Länge wird die Zusammendrückbarkeit des Wassers für jedes Zweihundertel der Atmosphäre sichtbar werden. Bei einer Glasröhre von gleicher Länge wird $\frac{1}{10}$ Atmosphäre merkbar werden.

Als Barometer und Thermometer hat der optische Refractor schon alle wünschenswerthe Bequemlichkeit, wenn er in einem finstern Zimmer angewandt werden soll. Als gewöhnliches und Reise-Instrument bedarf er ohne Zweifel noch verschiedener Verbesserungen. Statt des, um das Centrum eines getheilten Kreises drehbaren Glas-Compensators, dessen sich Hr. Arago bei seinen ersten Interferenz-Versuchen bediente, wird man vielleicht mit Vortheil ein Glas mit parallelen Flächen und veränderlicher Dicke, wie es Hr. Babinet erdacht, anwenden können. Diefs Glas besteht aus zwei Prismen von gleichem Winkel, die in entgegengesetzter Richtung auf einander gelegt sind. Die Lichtstrahlen gehen immer senkrecht durch dasselbe, und die Gesammtdicke desselben nimmt ab in

dem Maafse, als die beiden Prismen, von denen die Schneide des einen der Grundfläche des andern entspricht, durch eine geradlinige Bewegung derjenigen Lage näher gebracht werden, wo die Schneiden selbst einander entsprechen. Es bleibt auch noch eine einfache Methode aufzufinden, durch welche die Mechanici *ohne zu langes Tappen* die Lichtstrahlen, welche vor Ankunft an der Lupe, in deren Brennpunkt die Fransen sich bilden, um mehre Centimeter von einander getrennt waren, zu nützlichen Interferenzbedingungen gebracht werden. In Betreff des Mittels, mit Flüssigkeiten zu operiren, giebt es nichts mehr aufzusuchen, weil Hr. Arago der Akademie Röhren vorgelegt hat, die zu deren Aufnahme bestimmt sind, und weil diese Röhren, zufolge ihrer Construction, nothwendig gleiche Längen bei allen Temperaturen behalten müssen. Fügen wir endlich hinzu, dafs die Möglichkeit, verbreitetes Tageslicht statt des Sonnenlichts oder des künstlichen Lichts zur Hervorbringung der Fransen anzuwenden, schon durch die Diffractions-Apparate erwiesen ist, die Hr. Soleil seit langer Zeit für die physikalischen Kabinette verfertigt [1]).

Hr. Arago enthält sich, die Theorie der neuen Instrumente in irgend einem Punkte auf das Undulationssystem zurückzuführen; allein am Schlusse seiner Mittheilung kündigt er an, er werde in einer andern, rein discutirenden Abhandlung *beweisen*, dafs die mit seinen Apparaten angestellten Interferenzversuche in offenbarem Widerspruch mit der Emissionstheorie stehen, und diese von Grund aus über den Haufen werfen [2]).

1) Wollte man, statt auf äufserste Genauigkeit auszugehen, bei den Annäherungen stehen bleiben, mit denen Reisende sich fast immer begnügen, so könnte man die Interferenz-Barometer und -Thermometer, durch noch tragbarere optische Instrumente ersetzen, die Hr. Arago bei einer andern Gelegenheit kennen lehren wird.

2) Es ist bemerkenswerth, dafs in dieser ganzen Darstellung nicht von der Vorrichtung die Rede ist, die doch, wie schon aus Fresnel's Bericht (Ann. Bd. V S. 251 u. 256) hervorgeht, unumgänglich ist, um Interferenzfransen beobachten zu können, nämlich eine Vorrichtung, welche das Licht nur durch zwei feine Schlitze einzudringen erlaubt. (P.)

IV. *Ueber die Abänderungen, welche die regelmäfsige Reflexion an der Oberfläche metallischer Körper einem polarisirten Lichtstrahl einprägt; von Hrn. H. de Senarmont* [1]).

Ingénieur des Mines.

Seit den Entdeckungen von Malus sind über die Abänderungen, welche die regelmäfsige Reflexion dem Lichte einprägt, viele Versuche angestellt. Für den Fall, dafs diese Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger, nicht kristallisirter Körper geschieht, haben die bewunderns-würdigen Untersuchungen Fresnel's das Problem zum grofsen Theil gelöst, und für die meisten Fälle scheint das Gesetz der Erscheinung klar und vollständig festgestellt.

Dagegen ist die Wirkung metallischer Spiegel auf das Licht, ungeachtet wichtiger Arbeiten, sehr dunkel geblieben. Um diese Aufgabe in allgemeiner Weise zu lösen, würde es nöthig seyn, die metallischen Mittel a priori zu definiren und constituiren, Mittel, die eine einfallende Bewegung zu reflectiren vermögen und, während sie dieselbe brechen, zugleich in einer geringen Tiefe unterhalb ihrer Oberfläche auslöschen.

Ohne indefs diese Arbeit zu unternehmen, kann man mittelst des Versuchs und einiger sehr einfacher Schlufsfolgen, einige Gesetze dieser sonderbaren Reflexion auffinden, und zu gleicher Zeit einige Zahlenwerthe geben, dienlich zur Prüfung der mathematischen Untersuchungen, welche das Problem in seiner ganzen Ausdehnung umfassen.

I. Ein nach irgend einem Azimut polarisirter Lichtstrahl läfst sich immer in zwei andere, unter sich winkelrecht polarisirte Strahlen theilen.

1) Aus den *Ann. de chim. et de phys. T. LXXIII p.* 337.

Bezeichnet man z. B. mit a den Winkel, den die geradlinige Schwingbewegung eines auf einen Metallspiegel fallenden polarisirten Strahls mit der Einfallsebene bildet, und nimmt die Schwingweite des einfallenden Strahls zur Einheit [1]), so wird die Schwingweite des winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Strahls durch $\cos a$, und die des parallel dieser Ebene polarisirten durch $\sin a$ vorgestellt.

Alles ist symmetrisch um jeden Strahl, und selbst, wenn man jeglichen Vorgang im Act der Reflexion als möglich voraussetzt, wird es keinen andern geben, als 1) eine Aenderung der Schwingweite, und 2) eine Verschiebung der Schwingungsknoten.

Von dieser Hypothese ausgehend und ohne über das Gesetz, welches diese doppelte Abänderung jeder Polarisationsbewegung verknüpft mit der der Lichtgattung entsprechenden Wellenlänge und dem Einfallswinkel bei der Reflexion an Metallspiegeln, irgend etwas festzusetzen, kann man behaupten, dafs die Functionen, welche dasselbe ausdrücken, nichts als diese beiden Gröfsen einschliefsen und unabhängig von allen übrigen sind, überdiefs nothwendig für jeden der polarisirten Strahlen eine andere Form besitzen.

Nach geschehener Reflexion sind also Schwingungsweite und Phase respectiv geworden

1) für den in der Einfallsebene polarisirten Strahl

$$n \cdot \sin a, \quad \frac{2\pi}{T}(t+\vartheta),$$

2) für den senkrecht darauf polarisirten Strahl:

$$m \cdot \cos a, \quad \frac{2\pi}{T}(t+\tau).$$

Die Bewegungen in den beiden reflektirten Strahlencomponenten werden also vorgestellt durch die Gleichungen:

1) Alle Winkel sind von der Linken zur Rechten positiv gezählt.

$$x = n \cdot sin\, a \cdot cos \frac{2\pi}{T}(t+\vartheta)$$

$$y = m \cdot cos\, a \cdot cos \frac{2\pi}{T}(t+\tau).$$

Die Principien, welche zu diesen beiden Gleichungen führten, liefern nun verschiedene Folgerungen, die in Versuche übersetzt und durch sie controlirt werden können.

II. Erleidet ein nach irgend einem Azimut polarisirter Strahl folgweise zwei Reflexionen an Metallspiegeln, unter gleichen Einfallswinkeln, und zwar so, dafs die beiden Reflexionsebenen unter sich winkelrecht sind, so werden offenbar die Schwingbewegungen in den beiden Strahlencomponenten zuletzt vorgestellt werden können durch die Gleichungen:

$$x = m \cdot n\, sin\, a \cdot cos \frac{2\pi}{T}(t+\vartheta+\tau)$$

$$y = n \cdot m\, cos\, a \cdot cos \frac{2\pi}{T}(t+\tau+\vartheta),$$

so dafs sie gleiche Phase haben und aus ihrer Superposition ein geradlinig polarisirter Strahl hervorgeht.

Der Winkel, welchen die resultirende Bewegung mit der zweiten Reflexionsebene macht, hat zur Tangente: $\frac{cos\, a}{sin\, a}$, so dafs er gleich ist $\frac{\pi}{2} - a$.

Dasselbe Lagenverhältnifs findet sich noch zwischen den Polarisationsebenen.

Folgende an Metallspiegeln gemachte Beobachtungen bestätigen diefs Resultat.

Einfallswinkel.	Werthe von a.	Werthe von $(\frac{1}{2}\pi - a)$	
		berechnet.	beobachtet.
30°	30°	60°	59° 44′
	40°	50°	50 4
	50°	40°	40 4
	60°	30°	29 52

Einfallswinkel.	Werthe von a.	Werthe von $(\frac{1}{2}\pi - a)$ berechnet.	Werthe von $(\frac{1}{2}\pi - a)$ beobachtet.
40°	30°	60°	59° 48'
	40°	50°	49 56
	50°	40°	39 42
	60°	30°	29 48
50°	30°	60°	60° 14'
	40°	50°	50 10
	50°	40°	39 50
	60°	30°	29 46
60°	30°	60°	59° 38'
	40°	50°	49 42
	50°	40°	39 54
	60°	30°	29 40

III. Wenn ein polarisirter Strahl k folgweise Reflectionen an der Oberfläche zweier paralleler Spiegel erleidet, so ist klar, dafs die Schwingungsbewegungen in jedem componirenden Strahl nach der letzten Reflexion ausgedrückt werden durch

$$y = m^k \cos a \cdot \cos \frac{2\pi}{T}(t + k\tau)$$

$$x = n^k \sin a \cdot \cos \frac{2\pi}{T}(t' + k\vartheta).$$

Ist $\frac{2k}{T}(\tau - \vartheta)$ eine ganze Zahl, so werden die Schwingbewegungen durch ihre Superposition einen gerade polarisirten Strahl erzeugen.

Der Winkel, den die Schwingbewegung mit der gemeinschaftlichen Ebene aller Reflexionen macht, hat zur Tangente

$$\left(\frac{n}{m}\right)^k tang\, a = tang\, \alpha.$$

Aus dieser Gleichung ergeben sich nachstehende Folgerungen:

1. Wenn der Winkel, den die Schwingungen des einfallenden Strahls mit der Einfallsebene machen, folgweise a_1 und a_2 wird, so wird man die Gleichungen haben:

$$tang\,\alpha_1 = \left(\frac{n}{m}\right)^k tang\,a_1, \quad tang\,\alpha_2 = \left(\frac{n}{m}\right)^k tang\,a_2,$$

woraus

$$\frac{tang\,\alpha_1}{tang\,\alpha_2} = \frac{tang\,a_1}{tang\,a_2}.$$

2. Wenn die k Reflexionen, welche den Strahl auf die gerade Polarisation zurückführen, l Mal wiederholt werden, so wird man haben:

$$tang\,\alpha = \left(\frac{n}{m}\right)^k tang\,a, \quad tang\,\beta = \left(\frac{n}{m}\right)^{kl} tang\,a,$$

woraus

$$(tang\,\alpha)^l = tang\,\beta \cdot (tang\,a)^{l-1},$$

und wenn $a = \frac{1}{4}\pi$

$$(tang\,\alpha)^l = tang\,\beta.$$

3. Wenn man, nach der ersten Reflexion, den Unterschied der Phasen in den beiden componirenden reflektirten Strahlen verschwinden macht, ohne ihre Schwingweite zu ändern, so führt man den Strahl auf die gerade Polarisation zurück. Seine Schwingbewegung macht mit der Einfallsebene einen Winkel, dessen Tangente

$$\frac{n}{m} tang\,a = tang\,\gamma,$$

so dafs

$$(tang\,\gamma)^k = tang\,\alpha\,(tang\,a)^{k-1},$$

und wenn $a = \frac{1}{4}\pi$

$$(tang\,\gamma)^k = tang\,\alpha.$$

Einige Versuche des Dr. Brewster[1]) bestätigen das Gesetz, welches die beiden ersten Formeln ausdrücken. In denselben Versuchen könnte man die Bestätigung des dritten finden, für den besonderen Fall, dafs

$$k = 2, \quad (t - \vartheta) = \tfrac{1}{4} T.$$

Man findet nämlich (Ann. Bd. XXI S. 229) zwei Tafeln, die man vereinigen kann, wenn man sie mit dem nach der Formel

1) *Philosoph. Transact.* 1830 *p.* 295, 296, 299. (Ann. Bd. XXI S. 219.)

$$tang^2\gamma = tang\,\alpha$$

berechneten Resultat zusammenstellt.

Spiegel von	Werthe von γ.	Werthe von α gefunden.	Werthe von α berechnet.
Silber	42° 30′	39° 48′	40° 25′
Kupfer	36 30	29	28 42
Quecksilber	35	26	26 7
Platin	34	22	24 28
Spiegelmetall	32	21	21 20
Stahl	30	17	18 20
Blei	26	11	13 26
Bleiglanz	17	2	5 20

IV. Im Allgemeinen ist $2k\frac{(\tau-\vartheta)}{T}$ keine ganze Zahl.

Die Schwingbewegungen in den componirenden Strahlen geben dem resultirenden Strahle also eine elliptische Polarisation. Allein dann kann man durch Combination der Wirkung des Spiegels mit der gewisser dünner Krystallblättchen Zahlenwerthe beobachten, zwischen welchen ein einfaches Räsonnement, unterstützt durch Rechnung, Beziehungen auffindet, die erfüllt seyn müssen.

Die Gleichungen der Schwingbewegungen sind, wie oben gesagt

$$y = m\cos a\cos\frac{2\pi}{T}(t+\tau) = I\cos\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\tau)$$

$$x = n\cos a\sin\frac{2\pi}{T}(t+\vartheta) = I\sin\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\vartheta)$$

Woraus zunächst

$$I = \sqrt{m^2+n^2};\quad \frac{m}{n} = \frac{tang\,a}{tang\,\alpha}\quad \ldots\ (1)$$

Stellt man in die Bahn des reflectirten Strahls, senkrecht gegen dessen Richtung, ein Glimmerblättchen in der Weise, daſs dessen Hauptschnitt einen Winkel ω mit der Einfallsebene macht, so tragen beide reflectirten Strahlencomponenten, vermöge der Doppelbrechung des Blättchens, zur Bildung zweier unter sich rechtwinklich polarisirter Strahlenbündel bei.

Die Schwingung des ersten Bündels, in der Ebene des Hauptschnitts liegend, wird vorgestellt durch die Gleichung:

$$\eta = y\cos\omega + x\sin\omega$$
$$= I\cos\omega\cos\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\tau) + \sin\omega\sin\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\vartheta),$$

und die Schwingung des zweiten, senkrecht darauf polarisirten Bündels:

$$\xi = -x\cos\omega + y\sin\omega$$
$$= -I\cos\omega\sin\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\vartheta) + \sin\omega\cos\alpha\cos\frac{2\pi}{T}(t+\tau).$$

Setzt man zur Abkürzung

$$2\pi\frac{(\tau-\vartheta)}{T} = \varphi,$$

so kann man die obigen Gleichungen ersetzen durch:

$$\eta = I\cos\omega\cos\alpha\left(\frac{2\pi}{T}t' + \varphi\right) + I\sin\omega\sin\alpha\cos\frac{2\pi}{T}t',$$

$$\xi = I\cos\omega\sin\alpha\cos\frac{2\pi}{T}t' + I\sin\omega\cos\alpha\cos\left(\frac{2\pi}{T}t' + \varphi\right).$$

Entwickelt man beide Gleichungen, so findet man, daſs die in der Ebene des Hauptschnitts vollführte Schwingung eine Phase hat, deren Tangente

$$tang\,\psi = \frac{\sin\varphi\cos\alpha\cos\omega}{\cos\omega\cos\alpha\cos\varphi + \sin\omega\sin\alpha},$$

und eine Schwingweite, deren Quadrat:

$$B^2 = \cos^2\omega\cos^2\alpha\sin^2\varphi + (\cos\omega\cos\alpha\cos\varphi + \sin\alpha\sin\alpha)^2$$
$$= \cos^2\alpha\cos^2\omega + \sin^2\alpha\sin^2\omega + 2\sin\alpha\cos\alpha\sin\omega\cos\omega\cdot\cos\varphi,$$

daſs die Schwingung senkrecht auf dem Hauptschnitt eine Phase hat, deren Tangente:

$$tang\,\chi = -\frac{\sin\varphi\cos\alpha\sin\omega}{\cos\omega\sin\alpha - \sin\omega\cos\alpha\cos\varphi},$$

und eine Schwingweite, deren Quadrat:

$$A^2 = \sin^2\omega\cos^2\omega\sin^2\varphi + (\cos\omega\sin\alpha - \sin\omega\cos\alpha\cos\varphi)^2$$
$$= \sin^2\omega\cos^2\alpha + \cos^2\omega\sin^2\alpha - 2\sin\alpha\cos\alpha\sin\omega\cos\omega\cos\varphi,$$

woraus man zieht:

$$tang(\psi-\chi)=\frac{\sin\varphi\sin 2\alpha}{\cos\varphi\cdot\sin 2\alpha\sin 2\omega-\sin 2\omega\cos 2\alpha}.$$

Hat das Glimmerblättchen eine solche Dicke, daſs, nach dem Durchgang des polarisirten Lichtbündels, die beiden ausfahrenden Strahlen einen Gangunterschied von $\frac{1}{4}\lambda$ besitzen, so wird das Strahlenbündel, nach dem Durchgange, wieder gerade polarisirt seyn, sobald $(\psi-\chi)$ gleich ist einer ganzen Zahl von Viertel-Kreisumfängen oder

$$tang\,2\omega=\cos\varphi\,tang\,2\alpha \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Ist diese Bedingung erfüllt, so wird der Strahl wieder gerade polarisirt seyn. Der Winkel, den die resultirende geradlinige Bewegung mit der Ebene des Hauptschnitts macht, hat zur Tangente:

$$tang\,\beta=\frac{A}{B},$$

woraus:

$$\sin\beta=\frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}},\quad \cos\beta=\frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}},\quad \cos 2\beta=\frac{B^2-A^2}{A^2+B^2},$$

also

$$\cos 2\beta=\cos 2\alpha\cos 2\omega+\sin 2\omega\sin 2\alpha\cos\varphi.$$

Ersetzt man in dieser Gleichung $\cos\varphi$ durch seinen aus der Gleichung (2) gezogenen Werth, so hat man

$$\cos 2\beta=\frac{\cos 2\alpha}{\cos 2\omega} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Gröſsen ω und β sind durch den Versuch gegeben; substituirt in der Gleichung (3) erlauben sie, den Hülfswinkel α, welcher jedem Werth von a entspricht, zu berechnen, so wie dann mittelst der Gleichungen (1) und (3) den Phasenunterschied φ in das Verhältniſs $\frac{m}{n}$, welche beide Gröſsen, für jeden Werth von a, constante Werthe behalten müssen.

Man kann übrigens α aus der Rechnung von φ und $\frac{n}{m}$ entfernen.

1. Berechnung von φ. Aus (2) zieht man:

$$\sin 2\omega = \cos\varphi \frac{\tang 2\alpha}{\sqrt{1+\cos^2\varphi \tang^2 2\alpha}},$$

aus (3)

$$\cos 2\omega = \frac{\cos 2\alpha}{\cos 2\beta};$$

quadrirend und addirend erhält man:

$$1 = \frac{\cos^2 2\alpha}{\cos^2 2\beta} + \cos^2\varphi \frac{\tag^2 2\alpha}{1+\cos^2\varphi \tang^2 2\alpha},$$

oder

$$\cos^2 2\beta = (1-\sin^2 2\beta) = \cos^2 2\alpha + \cos^2\varphi \sin^2 2\alpha$$
$$= (1-\sin^2 2\alpha)(1-\cos^2\varphi),$$

oder endlich

$$\sin 2\beta = \pm \sin 2\alpha \sin\varphi \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Multiplicirt man (2) und (3) Glied für Glied, so kommt

$$\sin 2\omega \cos 2\beta = \cos\varphi \sin 2\alpha,$$

und dividirt man (5) durch diese Gleichung:

$$\tang\varphi = \pm \frac{\tang 2\beta}{\sin 2\omega} \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

eine erste directe Relation zwischen φ, 2β, 2ω.

2. Berechnung von $\frac{n}{m}$

$$\frac{n^2}{m^2}\tang^2 a = \tang^2\alpha = \frac{1-\cos 2\alpha}{1+\cos 2\alpha},$$

und wegen (3)

$$\frac{n^2}{m^2}\tang^2 a = \frac{1-\cos 2\beta \cos 2\omega}{1+\cos 2\beta \cos 2\omega}$$
$$= \frac{\sin^2(\beta+\omega)+\sin^2(\beta-\omega)}{\cos^2(\beta+\omega)+\cos^2(\beta-\omega)},$$

eine zweite directe Gleichung zwischen $\frac{n}{m}$, β und ω.

Führt man nun folgweise den Hauptschnitt des Glimmerblättchens auf den Winkel ω, oder in eine winkelrechte Richtung, so wird der reflectirte Strahl, in beiden Fällen, wieder gerade polarisirt seyn; allein der Winkel, den die geradlinige Schwingung mit der Einfallsebene macht, ist im ersten Fall

$$\gamma_1 = \omega + \beta,$$

und im zweiten

$$\gamma_2 = \omega - \beta,$$

so dafs

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 2\omega, \quad \gamma_1 - \gamma_2 = 2\beta,$$

$$\frac{n^2}{m^2} tang^2 a = \frac{sin^2 \gamma_1 + sin^2 \gamma_2}{cos^2 \gamma_1 + cos^2 \gamma_2}.$$

Bedingungen, welche erfüllt seyn müssen.

Der Versuch beweist, wie man weiterhin sehen wird, dafs von dem senkrechten Einfall bis zum streifenden (*incidence rasante*) der Phasenunterschied φ zunimmt von 0 bis π.

Für eine merkwürdige Incidenz, die Brewster beobachtet hat, ist

$$\varphi = \tfrac{1}{2}\pi.$$

Bei dieser besonderen Incidenz entspricht $\omega = 0$, vermöge der Gleichung (2). Daraus folgt

$$\beta = \pm \alpha, \quad \gamma = \beta,$$

also

$$\frac{n}{m} tang\, a = \pm tang\, \beta.$$

Wenn also

$$tang\, \alpha = \frac{m}{n}, \quad tang\, \beta = 1, \quad cos\, 2\beta = 0,$$

oder

$$A^2 = B^2$$

wird der reflectirte Strahl circular polarisirt.

Ehe ich zeige, bis wie weit die durch den Versuch gefundenen Zahlen übereinstimmen mit den Folgerungen aus der zum Grunde gelegten Hypothese, wird es nützlich seyn, über die eben aufgestellten Formeln einige Bemerkungen zu machen.

Das Verhältnifs $\frac{n}{m}$ und der Winkel φ, welche beide vom Einfallswinkel abhangen, können auch, wie man gesehen, Functionen seyn von der Wellenlänge der betrachteten Lichtgattung.

Wenn diese Gröfsen bedeutend verschieden wären für verschiedene Wellenlängen, so würde der Winkel ω keineswegs gleich seyn für diese Längen. Da nun im Allgemeinen die Wellenlängen den Farben entsprechen, so würde also folgen, dafs ein elliptisch polarisirter Strahl, bei Analyse mit einem doppelt brechenden Prisma, sich in zwei complementar gefärbte Bündel theilen könnte, und auch, dafs eine und dieselbe compensirende Glimmerplatte nicht gleichzeitig alle Farben auf die geradlinige Polarisation zurückführen würde.

Diese doppelte Folgerung bestätigt sich in der That bei metallischen Substanzen, obwohl in verschiedenen Graden; besonders deutlich ist sie um den Einfallswinkel, welcher die Phasendifferenz gleich $\frac{1}{2}\pi$ macht, und sie wird für die Genauigkeit der Beobachtungen ein grofses Hindernifs.

Es ist nun nöthig, einen Augenblick bei den experimentellen Methoden zu verweilen, welche die weiterhin folgenden Zahlen geliefert haben.

1. Man kann ω und φ getrennt und nacheinander beobachten. Depolarisirt man den reflectirten Strahl mittelst einer der Kristallaxe parallel geschnittenen Quarzplatte, so theilt diese Axe den Winkel zwischen den beiden rechtwinklichen Durchmessern der Ellipse in zwei gleiche Theile.

Ist sonach die Lage dieser beiden Durchmesser bestimmt, so stelle man in ihre Richtung den Hauptschnitt eines Glimmerblättchens von zweckmäfsiger Dicke, und messe γ_1 und γ_2 mittelst Drehung eines doppelt brechenden Prisma.

2. Die Bestimmung von ω und die von γ_1, γ_2 können gleichzeitig geschehen. Dazu mufs man den Hauptschnitt eines compensirenden Glimmerblättchens und den eines doppeltbrechenden Prisma in die Einfallsebene stellen, und darauf den Winkel messen, um den jedes von ihnen gedreht werden mufs, damit eins der Bilder verschwinde.

Es ist einleuchtend, dafs man die zweckmäfsige Lage des Blättchens und des Prisma nur aus einer Combina-

tion zweier *Minima* beurtheilen kann; das Product der Quadrate der Fehler, die man bei jedem Winkel begehen kann, fängt also allein an merklich zu werden.

Aus diesem Grunde steht das zweite Verfahren theoretisch dem ersteren nach; es giebt jedoch genügende Resultate, sobald man ein etwas lebhaftes Licht anwendet. Die Unsicherheiten, die durch die Dispersion des Metalls verursacht werden, überwiegen in der That die Fehler, die von den Beobachtungsmitteln herrühren. Bei gewissen metallischen Substanzen machen sogar diese Unsicherheiten bei Einfallswinkeln, die dem Dispersionsmaximum entsprechen, jede Beobachtung unmöglich.

Andrerseits verliert die erste Methode, bei Anwendung von homogenem Lichte, alle Vortheile, und selbst die zweite giebt in diesem Falle keine genügende Resultate mehr, weil die Lichtstärke dabei nothwendig sehr geschwächt ist.

Um den Hauptschnitt des Prisma möglichst genau in die Ebene der geradlinigen Schwingung zu stellen, ist es in allen diesen Fällen nützlich, das ordentliche Bündel mittelst eines Turmalins auszulöschen, weil dessen Intensität verhindert, das mehr oder weniger vollständige Verschwinden des aufserordentlichen Bildes zu beurtheilen.

In den folgenden Tafeln ist jeder Werth von γ_1 und γ_2 ein Mittel aus sechs Beobachtungen. Zur Bestimmung von ω sind darin auch aufgenommen die Winkel, welche γ_1 entsprechen, und die, welche, um 90^0 vermindert, γ_2 entsprechen.

Was die berechneten Werthe betrifft, so sind die von φ mittelst der Formel (6) und die von $\frac{n}{m}$ mittelst der leicht mit Logarithmen zu behandelnden Formeln (1) und (3) erhalten.

Für 2ω ist der durch Drehung des Glimmerblättchens erhaltene Werth genommen, und für 2β der Unterschied der Werthe γ_1 und γ_2, die durch die Drehung des doppelbrechenden Prismas gegeben sind.

Versuche mit einem Spiegel von Stahl.

Einfalls-winkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle α.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe		
		von γ_1.	von γ_2.	von 2ω.	$2\omega=\gamma_1+\gamma_2$	$2\beta=\gamma_1-\gamma_2$.	von φ.	von 2α.	von $\frac{n}{m}$.
25°	45°	135°18′	131°12′	266°34′	266°30′	3°56′	3°56′	93°25′	1,062
30°	30	151 8	145 11	295 56	296 19	5 57	6 36	64 13	1,087
	40	141 1	134 44	275 56	275 45	6 17	6 19	84 6	1,075
	45	135 57	129 24	265 30	265 21	6 33	6 34	94 28	1,081
	50	130 37	124 49	255 44	255 26	5 48	5 59	104 11	1,077
35°	30	151 21	143 29	294 30	294 50	7 52	8 22	65 45	1,119
	40	141 21	132 27	273 28	273 48	8 54	8 55	86 34	1,122
	45	136 10	127 27	263 33	263 37	8 43	8 46	96 22	1,118
	50	131 11	122 44	253 24	253 55	8 27	8 49	106 25	1,122
	60	121 1	113 34	223 56	234 35	7 27	9 11	125 43	1,125
40°	30	151 48	140 51	292 48	292 39	10 57	11 51	67 38	1,160
	35	147 10	134 59	281 38	282 9	12 11	12 26	78 38	1,169
	40	142 4	129 52	271 34	271 56	12 12	12 12	88 28	1,160
	45	136 56	124 42	261 6	261 38	12 14	12 22	98 42	1,164
	50	131 13	120 25	251 22	251 38	10 48	11 23	108 17	1,161
	55	125 57	115 34	241 8	241 31	10 23	11 47	118 21	1,173
	60	120 31	111 10	231 24	231 44	9 24	11 57	127 59	1,183

Versuche mit einem-Spiegel von Stahl.

Einfallswinkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle a.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe		
		von γ_1	von γ_2	von 2ω.	$2\omega=\gamma_1+\gamma_2$.	$2\beta=\gamma_1-\gamma_2$.	von φ.	von 2α.	von $\frac{n}{m}$.
45°	30°	152°44′	137°48′	290°40′	290°32′	14°56′	15°54′	70° 4′	1,216
	40	141 48	126 39	268 54	268 27	15 9	15 9	91 4	1,214
	45	136 54	121 18	258 26	258 12	15 36	15 52	101 8	1,216
	50	131 25	116 36	248 40	248 1	14 39	15 36	110 36	1,212
	70	110 12	101 39	213 00	211 51	8 33	15 54	147 8	1,233
50	30	154 4	134 30	288 30	288 34	19 34	20 33	72 36	1,290
	35	148 11	128 13	276 2	276 24	19 58	20 4	84 20	1,293
	40	142 54	122 3	264 52	264 57	20 51	20 56	94 48	1,296
	45	137 21	117 32	254 42	254 53	19 49	20 29	104 22	1,288
	50	131 47	112 56	244 14	244 43	18 51	20 46	114 17	1,300
	55	125 45	108 48	234 32	234 33	16 47	20 19	123 45	1,309
	60	121 3	105 20	226 6	226 23	15 43	21 20	131 52	1,293
55	30	155 24	129 54	285 8	285 18	25 30	25 46	76 22	1,362
	40	143 13	117 41	260 34	260 54	25 32	25 50	98 30	1,383
	45	137 52	112 28	249 58	250 20	25 24	26 49	108 2	1,377
	50	131 31	108 37	239 42	240 8	22 54	26 4	117 42	1,388
	60	120 30	102 0	222 18	222 30	18 30	26 26	134 32	1,378
	70	109 57	97 6	206 22	207 3	12 51	27 11	150 52	1,400

Versuche mit einem Spiegel von Stahl.

Einfallswinkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle a.	Beobachtete Werthe von γ_1.	Beobachtete Werthe von γ_2.	Beobachtete Werthe von 2ω.	Werth von $2\omega=\gamma_1+\gamma_2$.	Werth von $2\beta=\gamma_1-\gamma_2$.	Berechnete Werthe von φ.	Berechnete Werthe von 2α.	Berechnete Werthe von $\frac{n}{m}$.
60°	30°	156°34′	125°11′	282°30′	281°45′	31°23′	32° 0′	79°21′	1,436
	35	149 43	118 20	268 6	268 3	31 23	31 24	91 37	1,469
	40	142 42	112 41	254 54	255 23	30 1	30 54	103 3	1,499
	45	136 33	107 52	244 6	244 25	28 41	31 20	112 32	1,497
	50	130 21	103 11	233 32	233 32	27 10	32 36	122 4	1,511
	55	124 46	100 14	224 42	225 0	24 32	32 58	130 17	1,511
	60	119 10	97 49	217 4	216 59	21 21	32 58	138 00	1,504
	65	113 36	96 2	209 34	209 38	17 34	32 41	146 59	1,574
65	40	142 28	103 54	246 28	246 21	38 34	41 1	108 12	1,646
	45	135 36	99 28	234 36	235 4	36 8	41 50	117 54	1,661
	50	128 55	96 2	225 10	224 57	32 53	42 21	126 18	1,658
	55	122 27	94 6	216 42	216 33	28 21	42 4	134 53	1,684
	60	116 59	92 25	209 48	209 24	24 34	42 36	142 6	1,682
	65	112 12	91 49	203 42	204 1	20 23	42 45	149 8	1,689
	70	107 24	91 33	198 22	198 57	15 51	42 1	155 55	1,702
70	45	131 16	88 4	219 14	219 20	43 12	56 2	124 22	1,895
	50	125 5	86 54	211 50	211 59	38 11	56 9	131 54	1,885
	55	119 0	86 20	205 22	205 20	32 40	56 15	139 32	1,900
	60	114 14	86 8	199 38	200 22	28 6	57 49	146 11	1,898
	65	109 36	86 17	195 42	195 53	23 19	57 52	152 8	1,880
	70	105 11	87 6	191 52	192 17	18 5	57 48	158 29	1,914

Versuche mit einem Spiegel von Stahl.

Einfalls-winkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle a.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe		
		von γ_1.	von γ_2.	von 2ω.	$2\omega=\gamma_1+\gamma_2$.	$2\beta=\gamma_1-\gamma_2$.	von φ.	von 2α.	von $\frac{n}{m}$.
70° ½	45°	127° 5′	80° 9′	206°56′	207°24′	46°46′	66°56′	127°38′	2.034
	50	120 44	79 56	200 54	200 50	40 48	67 32	135 00	2,026
	55	116 5	80 58	197 30	197 3	35 7	66 51	141 16	1,992
	60	111 43	82 6	193 48	193 49	29 37	67 14	147 35	1,987
	65	107 14	83 10	190 42	190 24	24 4	67 26	153 47	2,002
	70	103 29	84 1	187 32	187 28	19 28	69 39	159 11	1,980
75	45	119 59	71 18	190 26	190 59	48 23	80 52	130 47	2,182
	50	116 3	73 1	188 32	189 4	43 2	80 57	136 18	2,093
	55	111 57	75 30	187 10	187 27	36 27	80 25	142 57	2,089
	60	108 2	77 16	185 6	185 18	30 46	81 30	148 51	2,070
	65	104 53	79 53	184 30	184 46	25 00	80 20	154 38	2,072
	70	101 33	81	183 28	183 23	19 43	80 25	159 59	2,064
77° ½	45	110 37	59 57	171 56	170 34	50 40	96 16	128 52	2,090
	50	108 11	64 46	173 4	172 57	43 25	96 58	135 41	2,064
	55	106 28	69 11	175 56	175 39	37 17	95 19	142 30	2,063
	60	103 33	72 29	176 22	176 2	31 4	96 00	148 44	2,063
	65	100 57	75 46	177 12	176 43	25 11	95 56	154 40	2,074
	70	98 26	78 55	177 50	177 21	19 31	96 5	160 22	2,100

Versuche mit einem Spiegel von Stahl.

Einfallswinkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle a.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe		
		von γ_1.	von γ_2.	von 2ω.	$2\omega=\gamma_1+\gamma_2$.	$2\beta=\gamma_1-\gamma_2$	von φ.	von $2a$.	von $\frac{n}{m}$.
80°	45°	97° 5′	52°21′	149°32′	149°26′	44°44′	117° 6′	127°45′	2,039
	50	97 12	57 16	154 30	154 28	39 56	117 13	133 48	1,967
	55	97 22	63 18	160 20	160 40	34 4	116 27	141 44	1,972
	60	96 40	67 38	163 50	164 18	29 2	116 38	147 6	1,955
	65	95 00	71 10	166 44	166 10	23 50	116 27	152 55	1,936
	70	94 24	75 7	170 00	169 31	19 17	116 23	158 22	1,935
80° ½	30	68 30	21 1	88 44	88 31	48 29	131 31	89 10	1,745
	35	76 52	30 25	166 34	107 17	46 27	132 20	101 20	1,741
	40	81 54	37 24	119 44	119 18	44 30	131 28	110 43	1,725
	45	85 49	46 36	132 20	132 26	39 12	132 11	121 28	1,784
	50	88 27	52 23	141 6	140 50	36 4	130 46	128 59	1,752
	55	90 6	58 49	148 30	148 55	31 17	130 42	136 46	1,767
	60	90 31	64 2	154 42	154 33	26 29	130 37	144 1	1,777
	65	90 40	68 56	159 56	159 36	21 44	130 33	150 45	1,784
	70	91 3	74 5	164 54	165 8	16 58	130 29	157 26	1,824

Versuche mit einem Spiegel von Stahl.

Einfallswinkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle α.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe		
		von γ_1.	von γ_2.	von 2ω.	$2\omega = \gamma_1 + \gamma_2$.	$2\beta = \gamma_1 - \gamma_2$.	von φ.	von 2α.	von $\frac{n}{m}$.
85°	30°	52°23′	24°16′	76°28′	76°39′	28° 7′	151°14′	78° 5′	1,405
	35	58 21	30 40	88 58	89 1	27 41	152 19	89 55	1,425
	40	64 42	36 14	101 26	100 56	28 28	151 3	100 2	1,421
	45	69 39	42 36	112 28	112 15	27 3	151 5	109 54	1,424
	50	73 29	48 47	122 8	122 16	24 42	151 30	118 54	1,421
	55	76 43	54 26	131 45	131 9	22 17	151 13	128 2	1,437
	60	79 51	59 58	140 00	139 49	19 53	150 38	136 5	1,432
	65	81 45	65 26	147 14	147 11	16 19	151 35	143 48	1,427
	70	83 55	70 24	154 28	154 19	13 31	150 51	151 19	1,408

Versuche mit einem Spiegel von Spiegelmetall.

Einfallswinkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle.	Beobachtete Werthe von γ_1.	Beobachtete Werthe von γ_2.	Beobachtete Werthe von 2ω.	Werth von $2\omega = \gamma_1 + \gamma_2$.	Werth von $2\beta = \gamma_1 - \gamma_2$.	Berechnete Werthe von φ.	Berechnete Werthe von $\frac{n}{m}$.
35°	30°	153°12′	141°47′	295°30′	294°59′	11°27′	12°39′	1,104
	40	143 6	130 48	274 42	273 54	12 18	12 18	1,099
	50	132 35	120 36	254 4	253 11	11 59	11 59	1,104
	60	121 39	112 8	234 31	233 47	9 31	11 38	1,106
	70	110 59	104 9	215 28	215 8	6 50	11 40	1,113
40	30	153 35	140 51	294 36	294 26	12 44	13 58	1,124
	35	149 8	135 26	284 36	284 34	13 42	14 8	1,111
	40	143 47	129 36	273 29	273 23	14 11	14 12	1,129
	45	138 33	124 25	263 10	262 58	14 8	14 14	1,116
	50	133 11	119 39	252 51	252 50	13 32	14 14	1,124
	60	122 16	111 0	233 33	233 16	11 16	13 55	1,122
	65	116 52	107 6	223 46	223 58	9 46	13 58	1,117
	70	111 45	103 6	214 50	214 51	8 39	14 54	1,137
45	30	156 48	135 56	293 52	292 44	20 52	22 37	1,163
	35	151 57	130 19	282 56	282 16	21 38	22 19	1,158
	40	146 32	124 1	271 6	270 33	22 31	22 31	1,165
	45	141 3	118 46	260 47	259 49	22 17	22 23	1,181
	50	134 56	113 53	249 24	258 49	21 3	22 21	1,179
	60	123 50	105 55	230 5	229 45	17 55	22 51	1,174
	65	118 14	103 5	221 30	221 19	15 9	22 33	1,161
	70	112 31	100 12	212 37	212 43	12 19	22 3	1,167

Versuche mit einem Spiegel von Spiegelmetall.

Einfalls-winkel.	Azimut der Schwing. im einfallend. Strahle.	Beobachtete Werthe			Werth von		Berechnete Werthe	
		von γ_1.	von γ_2.	von 2ω.	$2\omega=\gamma_1+\gamma_2$	$2\beta=\gamma_1-\gamma_2$.	von φ.	von $\frac{n}{m}$.
50°	30°	159°25′	133°34′	293° 9′	292°59′	25°51′	27 47	1,196
	35	153 31	126 59	280 56	280 30	26 32	26 57	1,199
	40	148 13	120 44	269 00	268 57	27 29	27 29	1,174
	45	141 45	115 13	257 28	256 58	26 32	27 5	1,216
	55	129 54	106 12	236 41	236 6	23 42	27 43	1,217
	60	124 6	103 7	226 51	227 13	20 59	27 44	1,227
	65	118 4	99 53	218 20	217 57	18 11	27 55	1,219
55	30	162 34	129 53	292 34	292 27	32 41	34 47	1,238
	35	156 18	122 1	288 46	288 19	34 17	34 36	1,258
	40	149 40	115 7	265 10	264 47	34 33	34 39	1,277
	45	143 8	110 14	253 26	253 22	32 54	34 1	1,275
	50	136 17	104 19	240 48	240 36	31 58	35 34	1,303
	55	129 25	100 51	230 24	230 16	28 34	35 15	1,318
	60	122 47	97 55	220 46	220 42	24 52	35 22	1,340
	65	117 20	96 32	113 48	113 52	20 48	34 16	1,312
60	30	165 54	126 3	292 14	201 57	39 51	42 2	1,284
	35	159 3	118 7	277 21	277 10	40 56	41 7	1,313
	40	151 23	110 46	261 22	262 10	40 37	40 56	1,478
	45	143 51	104 28	248 19	248 19	39 23	41 23	1,334
	50	137 7	99 8	236 8	236 15	37 59	43 14	1,344
	55	129 14	95 52	224 37	225 6	33 22	43 9	1,388

Bei den mit dem Stahlspiegel gemachten Beobachtungen sind die berechneten Werthe von φ und von $\frac{n}{m}$ für alle Einfallswinkel ziemlich regelmäfsig. Man sieht indefs, dafs um die Incidenzen herum, bei denen *tang* φ das Zeichen wechselt, die Unsicherheit der Versuche zunimmt, wegen der Farbenzerstreuung.

Dasselbe Hindernifs liefs nicht zu, dafs man bei dem Spiegelmetall den Winkel 60° überschreiten konnte, und bei Anwendung eines Spiegels von Silber (0,9 Silber und 0,1 Kupfer) mufste man rasch einhalten.

Einige kristallisirte Erze, namentlich *Schwefelantimon*, wurden denselben Versuchen unterworfen. Die Resultate können dabei verschieden seyn, je nachdem die Einfallsebene parallel oder senkrecht ist gegen die Kristallaxe. Etwas Analoges bemerkt man bei den Winkelablenkungen, welche die Polarisationsebene des einfallenden Strahls bei der Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Kristalle erleidet. Diese durch Reflexion bewirkte Drehung der Polarisationsebene hat sehr verschiedene Werthe, und folgt offenbar anderen Gesetzen, wenn man z. B. Kalkspath mit gegen die Axe senkrechter oder paralleler Fläche anwendet, und, im letzteren Fall, die Einfallsebene parallel oder senkrecht gegen diese Axe stellt [1]). Die Unterschiede gleicher Ordnung, die man beim Schwefelantimon beobachtet, sind also ein experimenteller Beweis, und vielleicht der einzige experimentelle Beweis von Doppelbrechung in gewissen kristallisirten opaken Körpern.

Ich habe geglaubt, diese recht merkwürdige Thatsache blofs erwähnen zu müssen. Sie gehört natürlich zu speciellen Untersuchungen über die Abänderungen, welche die Reflexion an kristallisirten Körpern dem polarisirten Lichte einprägt. Seit langer Zeit habe ich Versuche angestellt, um in den äufsern optischen Kennzei-

1) Vergl. die Arbeiten Seebeck's Ann. Bd. XXI S. 290. Bd. XXII S. 126. Bd. XXXVIII S. 276. Bd. XXXX S. 462.

chen der Mineralien Eigenschaften aufzufinden, die Bezug hätten zu ihrem Kristallsystem: und diese Versuche haben mich zunächst darauf geführt, die gegenwärtige Arbeit zu unternehmen.

VI. Wegen der Doppelsinnigkeit des Zeichens von *tang* φ erlauben die trigonometrischen Formeln nicht mit Sicherheit zu bestimmen, welchen Gang die successiven Werthe der Phasendifferenz nehmen, wenn die Incidenz von 0° auf 90° übergeht. Um nichts in dieser Beziehung zweifelhaft zu lassen, ist es nöthig zu einem anderen experimentellen Verfahren zu greifen.

In seiner bewundernswürdigen Abhandlung über die dem polarisirten Licht durch totale Reflexion eingeprägten Abänderungen hat Fresnel ein Mittel angegeben, die Lage eines jeden des total reflectirten Wellensystems zu studiren, bestehend darin, „dafs man durch Interferenz den Gang-Unterschied zweier benachbarten Strahlen vergleicht, von denen der eine unter gegebener Incidenz eine totale Reflexion erleidet, der andere aber, mittelst Berührung seines Einfallspunkts mit einer brechenden Flüssigkeit, nur partiell, wiewohl sonst unter gleicher Incidenz an derselben Fläche, reflectirt worden ist."

In dem Fall, der uns beschäftigt, würde diefs Verfahren ohne Abänderung anwendbar seyn, sobald man sich versichert hätte, dafs die beiden reflectirenden Oberflächen, die metallische und die durchsichtige, des gemischten Spiegels mathematisch in einer Ebene liegen. Jedenfalls kann es angewandt werden, wenn es sich nur darum handelt, den Gang-Unterschied zweier unter sich rechtwinklich polarisirter Strahlen nachzuweisen.

Es reicht nämlich hin, die folgweise Lage der mittlichen Franse zu bestimmen, wenn die anfangs der Einfallsebene parallele Polarisationsebene winkelrecht gegen dieselbe gestellt wird.

Um diesen Versuch zu machen, bildete ich Interferenzfransen mittelst eines sehr stumpfen Prisma, liefs sie sehr nahe bei dem Prisma auf einen gemischten Spiegel

fallen, so dafs das eine Bündel die Reflexion am Metall, das andere an einer Glasfläche erlitt. Auch wandte ich die Fresnel'schen Doppelspiegel an, eins war von Glas, dafs andere von Metall. Ich beobachtete dann die Fransen mittelst eines doppeltbrechenden Prisma oder eines Turmalins, dessen Axe folgweise gegen die Einfallsebene parallel oder senkrecht gestellt ward.

Bei streifender Incidenz ist der Versuch sehr leicht, bei senkrechter dagegen unmöglich, weil dann die interferirenden Bündel von zu ungleicher Intensität sind. Ich glaube jedoch aus diesen ersten Versuchen schliefsen zu dürfen, dafs der in der Einfallsebene polarisirte Strahl dem winkelrecht darauf polarisirten beständig voraus ist.

Wünschenswerth wäre es, dafs man nicht nur die relative Lage der Knoten zweier Vibrationssysteme hätte, sondern auch die absolute Lage derselben in Bezug auf einen festen Anfangspunkt.

Das folgende Verfahren würde zu diesem Resultate führen Man bilde Fransen mittelst zwei wenig geneigter Spiegel, bestehend ein jeder aus Glas und Metall, die nebeneinanderliegend, zusammen abgeschliffen worden. Nachdem man die Verbindungslinien des Glases und des Metalls genau in Correspondenz gebracht, prüfe man die Vollkommenheit der Arbeit durch die vollkommene Continuität der Fransen, die sich sonach bilden müssen. Man stelle hierauf dieselben Verbindungslinien so, dafs jedes Ende der Fransen durch die von den beiden Glasspiegeln, oder durch die von den beiden Metallspiegeln reflektirten Strahlen erzeugt werde, der mittlere Theil aber aus der Zusammenwirkung des von dem einem Glasspiegel und des von dem einen Metallspiegel reflektirten Strahls entspringe.

Man beobachte die entstandenen Fransen entweder mit einem doppeltbrechenden Prisma, oder mit einem Turmalin. Wenn die Enden jeder Franse einander entsprechen, hätte man einen neuen Beleg von der Vollkom-

menheit der Arbeit und der Einstellung der Spiegel. Die Ausweichung des mittlichen Theils würde zugleich das Maafs der absoluten Verschiebung der Knoten seyn.

Endlich könnte man das Metall dem Glase und das Glas dem Metall entsprechen lassen. Die Fransen würden dann abgebrochen seyn, und die Verschiebung der mittlichen Franse mäfse das Doppelte der absoluten Verschiebung der Knoten.

Ich habe diesen Versuch noch nicht ausführen können, weil es mir bisher nicht möglich war, Spiegel halb aus Glas und Metall vollkommen eben zu erhalten. Da indefs bis zur Anstellung dieses Versuchs noch geraume Zeit verstreichen möchte, so hielt ich es für passend, die vorstehende Arbeit, wie unvollkommen sie auch erscheinen mag, bekannt zu machen.

V. *Temperatur der wichtigsten Thermalquellen, zusammengestellt nach den zuverlässigsten Angaben; von E. Osann.*

(Entnommen aus des Hrn. Verf. Werke: *Physikalisch-medicinische Darstellung der bekannten Heilquellen der vorzüglichsten Länder Europa's.* Zweite Auflage.)

Teutschland.

Dux in Tyrol	20,00° R.
Vöslau in Oesterreich nach Meifsner	20,00 —
Villacher Bad in Kärnthen nach Hauser	21,00 —
Badenweiler im Grofsherzogthum Baden nach Kölreuter	21—22,00 —
Lauterbach im Grofsherzogthum Niederrhein	22,00 —
Veldes in Krain	22,00 —
Landeck in der Grafschaft Glatz nach Bannerth	16—23,00 —
Doppelbad in Steiermark nach v. Vest	21—23,00 —
Huberbad im Grofsherzogthum Baden nach Kölreuter	23,00 —
Wolkenstein im Königreich Sachsen	23,00 —
Säckingen im Grofsherzogthum Baden	23,00 —
Kreuznach im Grofsherzogthum Niederrhein nach Prieger	19—24,00 —
Schlangenbad im Herzogth. Nassau nach Kastner	22—24,50 —
Ullersdorf in Mähren nach J. Schrötter	25,00 —
Bertrich im Grofsherzogthum Niederrhein nach Mohr	25—26,00 —
Baden in Niederösterreich nach Rollett	22—28,60 —
Neuhaus in Steiermark nach Schallgruber	27—29,00 —
Töplitz in Krain nach Graf	29,25 —

Tyffer in Steiermark nach Macher	29,50° R.
Wildbad im Königr. Würtemberg nach Sigwart	23—30,00 —
Warmbrunn in Schlesien nach Tschörtner	28—30,00 —
Gastein im Salzburgischen nach Streinz	30—38,00 —
Teplitz in Böhmen nach Reufs	20—39,00 —
Ems im Herzogth. Nassau nach Kastner	18—40,00 —
Aachen im Grofsherzogthum Niederrhein nach Monheim	35—46,00 —
Baden im Grofsherzogthum Baden nach Kölreuter	37—54,00 —
Wiesbaden im Herzogthum Nassau nach Kastner	38—56,00 —
Carlsbad in Böhmen nach Fleckles	40—60,00 —
Burtscheid im Grofsherzogth. Niederrhein nach Monheim	35—62,00 —

Schweiz.

Yverdun im Kanton Waadt nach Struve	20,00° R.
Vals im K. Graubündten nach Kapeller	20,50 —
Weifsenburg im K. Bern nach Brunner	22,00 —
Schinznach im K. Aargau nach Bauhof	26,50 —
Masino im K. Graubündten nach Demagri	27,00 —
Bagni di Grana im K. Tessin	28,00 —
Pfeffers im K. St. Gallen nach Kapeller	30,00 —
Bormio im K. Graubündten nach Demagri	32,00 —
Lavey im K. Waadt nach S. Baup	36,00 —
Brieg im K. Wallis	37,00 —
Leuk im K. Wallis nach Pagenstecher	27—40,57 —
Baden im K. Aargau nach Löwig	38—40,80 —

Frankreich.

Capus im Départ. l'Hérault nach Saint-Pierre	18—20,00° R.
Capvern im Départ. des Hautes-Pyrénées nach Poumier	19—20,00 —

Bastide du Peyrat im Départ. de l'Ariège nach Bréon	19—20,00° R.
Ginolles im Dép. de l'Aude nach Carrère	20,00 —
Encausse im Dép. de la Haute-Garonne nach Save	19—21,00 —
St. Paul des Fénouillèdes im Départ. des Pyrénées Orient. nach Bréon	21,75 —
Fonsange im Dèpart. du Gard nach Demorcy-Deletre	20—22,00 —
Bagnoles im Dép. de l'Orne nach Vauquelin u. Thierry	21—22,00 —
Campagne im Dép. de l'Aude nach Estribaud, Frejacque und Reboulh	22,00 —
Aleth im Dép. de l'Aude nach Carrère	22,00 —
Plan de Phazi im Dép. des Hautes Alpes nach Tripier	22,24 —
St. Mart. im Dép. du Puy de Dôme nach Patissier	19—22,50 —
Sail-Lez-Château-Morand im Dép. de la Loire nach Richard de la Prade	23,00 —
Avènes im Dép. de l'Hérault nach Saint-Pierre	23,00 —
Reynes im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada	23,00 —
Llo im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada	22—23,25 —
Castera Vivent (Eau de Verdusan) im Dép. du Gers nach Patissier	23,50 —
Chatelguyon im Dép. du Puy de Dôme nach Cadet	24,00 —
Saubuse im Départ. des Landes nach Thore und Meyrac	25,00 —
Bonnes im Départ. des Basses Pyrénées nach Poumier	24—26,00 —
St. Honoré im Dép. de la Nièvre nach Vauquelin	26,00 —

Monestier im Départ. des Hautes Alpes nach Carrère 27,00° R.
St. Sauveur im Dép. des Hautes Pyrénées nach Poumier und Ballard 24—28,00 —
Aix im Départ. des Bouches du Rhone nach Laurent 27—28,00 —
Malou im Dép. de l'Hérault nach Saint-Pierre 28—29,00 —
Molitx im Départ. des Pyrénées Orient. nach Anglada 24—30,20 —
Chateauneuf im Dép. du Puy de Dôme 24—31,00 —
Greoulx im Dép. des Basses Alpes nach Laurens 31,00 —
St. Nectaire im Dép. du Puy de Dôme nach Boullay 20—31,00 —
Ussat im Dép. de l'Ariège nach Pilhes 27—31,00 —
Barbotan im Dép. du Gers nach Dufau 25—32,00 —
Sylvanés im Dép. de l'Aveyron nach Virenque 28—32,00 —
Dorres im Dép. des Pyrénées Oriental. nach Anglada 32,50 —
Tercis im Dép. des Landes nach Thore und Meyrac 33,00 —
Escaldas im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada 26—34,00 —
La Preste im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada 25—34,50 —
Barèges im Départ. des Hautes Pyrénées nach Ballard 26—35,00 —
Mont d'Or im Départ. du Puy de Dôme nach Berthier 33—36,00 —
Bagnols im Départ. de la Lozère nach Barbut 36,00 —
Vichy im Dép. de l'Allier nach Longchamp 23—36,50 —
Digne im Départ. des Basses Alpes nach Bardol 32—36,90 —

Aigues chaudes im Dép. des Basses Pyrénées nach Poumier	22—38,00° R.
Guitera auf Korsika nach Peraldi	35—38,00 —
Balaruc im Dép. de l'Hérault nach Saint-Pierre	38,00 —
Enn im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada	40,00 —
Bagnères de Bigorre im Dép. des Hautes Pyrénées nach Darquier u. Ganderax	18—41,00 —
Cauterets im Dép. des Hautes Pyrénées nach Poumier	24—41,00 —
Rennes les Bains im Dep. de l'Aude nach Julia und Reboulh	32—41,00 —
Bourboule im Départ. du Puy de Dôme nach Lecocq	18—42,00 —
Bains im Dép. des Vosges nach Vanquelin	24—42,00 —
Néris im Dép. de l'Allier nach Poirot-Desserviers	39—42,00 —
Préchac im Dép. des Landes nach Thore und Meyrac	43,00 —
Olette im Départ. des Pyrénées Orient. nach Anglada (nach Carrère 70,50° R.)	43,50 —
St. Laurent im Dép. de l'Ardêche nach Reynaud	43,50 —
Canaveilles im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada	43,50 —
Vernet im Départ. des Pyrénées Orient. nach Anglada	20—44,50 —
Luxeuil im Depart. de la Haute Saône nach Molin	28—45,00 —
Guagno bei Vico auf Korsika nach Vanucci	40—45,00 —
Pietrapola auf Korsika	45,50 —
Bourbon Lancy im Départ. de la Saône et Loire nach Berthier	33—46,00 —

St. Thomas im Dép. des Pyrénées Orient. nach Anglada	25—46,50 R.
Evaux im Dép. de la Creuse nach Gougnon de Jarnages	45—47,00 –
Bourbonne les Bains im Dép. de la Haute Marne nach Duchanoy	47,50 –
Dax im Départ. des Landes nach Thore und Meyrac	25—49,00 –
Bagnères de Luchon im Dép. de la Haute Garonne nach Poumier	24—50,00 –
Plombières im Départ. des Vosges nach Martinet	30—50,00 –
Bourbon l'Archambault im Dép. de l'Allier nach Faye	48—50,00 –
Arles im Départ. des Pyrénées Orient. nach Anglada	27—50,30 –
Carcanières im Départ. de l'Ariège nach Carrère	32—56,00 –
Ax im Départ. de l'Ariège nach Magnes Lahens	17—61,00 –
Thués im Départ. des Pyrénées Orient. nach Anglada	30—62,50 –
Chaudes aigues im Dép. du Cantal nach Chevalier	42—64,00 –
Lamotte im Dep. de l'Isère nach Rivière	64,00 –

Belgien.

St. Amand nach Armet	21,00° R.
Chaud-fontaine bei Lüttich	26,00 –

England.

Bristol nach Carrick	18—20,00° R.
Buxton nach Scudamore	22,50 –
Bath nach Phillips	34—37,50 –

Dänemark.

Die heifsen Geyserquellen auf Island	41—80° R.

Della

Italien.

Della Penna im Königr. Sardinien nach Bertini 16—20,00° R.
Acqua santa bei Voltri im Königreich Sardinien nach Bertini 16—20,00 —
Delle Venelle im Grofsherz. Toskana nach Giuli 20,00 —
Morbello im Königreich Sardinien nach Bertini 20,00 —
Vicascio im Grofsherzogth. Toskana nach Giuli 20,00 —
Mortajone im Grofsherz. Toskana nach Giuli 21,00 —
Moggiona im Grofsherz. Toskana nach Giuli 21,00 —
Caldiero in der Lombardei nach Paganini 21,00 —
Sprofondo im Grofsherz. Toskana nach Giuli 16—21,00 —
La Caille im Königreich Sardinien nach Bertini 21,00 —
S. Marziale im Grofsherz. Toskana nach Giuli 18—22,00 —
Craveggia im Königreich Sardinien nach Bertini 22,00 —
St. Pellegrino in der Lombardei nach Carrara 21—23,00 —
Roccabigliera im Königr. Sardinien nach Fodéré 23,00 —
Spezzia in Sardinien nach Paganini 23,00 —
Retorbido im Königreich Sardinien nach Bertini 23,00 —
Civita vecchia im Kirchenstaate nach Paganini 24,00 —
Acqua Vesuviana bei Neapel nach Ricci 24,00 —
Bagno antico di Noce im Grofsherzogth. Toskana nach Giuli 24,00 —

Oliveto im Grofsherz. Toskana nach Giuli	24,00° R.
Volterra im Grofsh. Toskana nach Giuli	12—25,00 —
Borra im Grofsherz. Toskana nach Giuli	25,00 —
Armajolo im Grofsh. Toskana nach Giuli	25,00 —
Montecatini im Grofsherz. Toskana nach Giuli	20—27,00 —
Talmanaccio im Grofsherz. Toskana nach Giuli	26,00 —
Di Filetta im Grofsh. Toskana nach Giuli	26,00 —
Vignone im Grofsh. Toskana nach Giuli	24—26,00 —
Di Poggetti im Grofsherz. Toskana nach Giuli	26,00 —
Montalceto im Grofsherz. Toskana nach Giuli	20—27,00 —
Pré St. Didier im K. Sardinien nach Gioanetti	27,50 —
St. Lucia im K. Sardinien nach Giobert.	28,00 —
Montione im Grofsh. Toskana nach Giuli	28,00 —
Leccia im Grofsh. Toskana nach Giuli	28,00 —
Delle Caldanelle im Val di Merse im Grofsh. Toskana nach Giuli	28,00 —
Gavorrano im Grofsherz. Toskana nach Giuli	28,00 —
Del Bagnaccio im Grofsh. Toskana nach Giuli	28,00 —
Contursi im Königr. Neapel nach Paganini	26,00 —
Della Bucca dei Fiori im Grofsh. Toskana nach Giuli	29,00 —
Chianciano im Grofsh. Toskana nach Giuli	24—30,00 —
Benetutti auf Sardinien nach Bertini	25—30,00 —
Rombole im Grofsh. Toskana nach Giuli	30,00 —
Pelaghe im Grofsh. Toskana nach Giuli	30,00 —
Delle Caldane di Campiglia im Grofsh. Toskana nach Giuli	30,00 —
Perriere bei Moutiers in Savoyen nach Socquet	30,00 —
Rappolano im Grofsh. Toskana nach Giuli	20—31,00 —

S. Michele delle Formiche im Grofsherz. Toskana nach Giuli	28—31,00° R.
Montefalcone im Kreise von Triest nach Ant. Vidali	30—31,00 —
Porretta im Kirchenstaate nach Paganini	24—32,00 —
Magnesia im Königreich Sardinien nach Giobert	32,00 —
Echaillon im K. Sardinien nach Bertini	32,00 —
Acqua cotta in Sardinien nach Smyth	32,50 —
St. Gervais im K. Sardinien nach Matthey	32—33,00 —
Macerato im Grofsh. Toskana nach Giuli	33,00 —
Pozzuoli bei Neapel nach Ronchi	24—35,00 —
Sardara auf Sardinien nach Rolando	35,00 —
Pisa im Grofsh. Toskana nach Giuli	16—35,00 —
S. Agnese im Grofsh. Toskana nach Giuli	16—35,00 —
Petriolo im Grofsh. Toskana nach Giuli	36,00 —
S. Casciano im Grofsherz. Toskana nach. Giuli	22—37,00 —
Delle Galleraje im Grofsherz. Toskana nach Giuli	37,00 —
S. Filippo im Grofsherz. Toskana nach Giuli	15—40,00 —
Aix in Savoyen nach C. Despine	27—40,00 —
Ali in Sicilien nach A. Ferrara	38—40,00 —
Fordingianu auf Sardinien nach Tabasso und Oliveri	40,00 —
Acqui in Piemont nach Mojon	31—41,00 —
Bagni di Morba im Königr. Sardinien nach Giuli	21—43,00 —
Lucca im Herzogth. Lucca nach J. Franceschi	24—43,00 —
Cifalu in Sicilien nach A. Ferrara	42—44,00 —
Termini in Sicilien nach A. Ferrara	45,00 —
Sciacca in Sicilien nach A. Ferrara	45,00 —
Sclafani in Sicilien nach A. Ferrara	49—50,00 —
Valdieri im Königr. Sardinien nach Bertini	19—51,00 —

Vinadio im Königr. Sardinien nach Bertini	25—54,00° R.
Coquinos in Sardinien nach Smyth	56,50 —
Alcamo in Sicilien	59,00 —
Pisciarelli im Königr. Neapel nach Ronchi	60,00 —
Abano in der Lombardei nach Mühlibach (nach Andrejewskiy 69° R.)	30—66,00 —
Auf der Insel Ischia nach Chevalley de Rivaz	56—79,00 —

Spanien.

Lanjaron in Andalusien	16—22,00° R.
Sacedon in Neukastilien	22,00 —
Alange in Estremadura	22,00 —
Teruel in Aragonien	22,00 —
Esperraguera in Catalonien	22,00 —
Jaen in Jaen	23,50 —
Panticosa in Aragonien	22—24,00 —
Cortegada in Galizien	20—26,00 —
Alicun in Granada	27,00 —
Malvellas bei Gerona in Catalonien	28,00 —
Alhama de Calatayud in Aragonien	29,00 —
Ardejo in Galizien	18—30,00 —
Carballo in Galizien	24—30,00 —
Cestona in Guipuzcoa	28—30,00 —
Baza in Grenada	30,00 —
Baños de Bejar in Altkastilien	30,00 —
Fitero in Navarra	30,00 —
Graena in Andalusien	11—32,00 —
Fuencaliente in Neucastilien	28—32,00 —
Caldetas in Catalonien	32—33,00 —
Trillo in Neukastilien	33,00 —
Tiermas bei Jaca in Aragonien	30—34,00 —
Caldas da Oviedo in Asturien	33—34,00 —
Villavieja in Valencia	34,00 —
Albama de Granada in Granada	34—35,50 —
Caldelas de Tuy in Galizien	37,50 —

aldas de Reyes in Galizien	39,60° R.
usot in Valencia	39,00 —
edesma in Altkastilien	40,00 —
rchena in Murcia	41,00 —
lmeria in Granada	42,00 —
rnedillo in Altkastilien	42,00 —
aldas de Mombuy in Catalonien	55—56,00 —

Portugal.

ovea de Coz in Estremadura nach Tavarés	20,00 —
eyria in Estremadura nach Tavarés	20,00 —
avira in Algarbien nach Tavarès	20,50 —
gua santa de Vimeiro in Estremadura nach Tavarés	20,50 —
abeço de Vide in Alemtejo nach Tavarés	21,50 —
liorga in Estremadura nach Tavarés	22,50 —
ascäes in Estremadura nach Tavarés	23,50 —
anos do Duque in Estremadura nach Tavarés	24,50 —
nhäes da Sarra in Beira nach Tavarés	24,50 —
aldellas de Rendusa in Entre Minho e Douro nach Tavarés	25,00 —
inha da Rainha in Beira nach Tavarés	25,50 —
aldas das Taipas in Entre Minho e Douro nach Tavarés	26,00 —
aldas da Rainha in Estremadura nach Link	26,00 —
aieiras in Estremadura nach Tavarés	26,50 —
anaverés in Entre Minho e Douro nach Tavarés	27,00 —
ldas de Favaios in Traz os Montes nach Tavarés	27,00 —
nas de Senhorim in Beira nach Tavarés	27,50 —
onchique in Algarbien nach Tavarés (nach Link 24°)	28,00 —

Pombal d'Anicães in Traz os Montes nach Tavarés	28,00° R.
Corvaceira in Traz os Montes nach Tavarés	29,50 –
Alcafache in Beira nach Tavarés	29,50 –
Carvalhal in Beira nach Tavarés	29,50 –
Rapoila da Coa in Beira nach Tavarés	29,50 –
Ranhados in Beira nach Tavarés	33,50 –
Monçao in Entre Minho e Douro nach Tavarés	34,50 –
Torres Vedras in Estremadura nach Tavarés	35,50 –
Santa Gemil in Beira nach Tavarês	39,50 –
Caldas de Gerez in Entre Minho e Douro nach Link	40,00 –
Guimaraens in Entre Minho e Douro nach Tavarés	47,00 –
Chaves in Traz os Montes nach Tavarés	48,50 –
Aregos in Beira nach Tavarés	49,00 –
San Pedro Dosul in Beira nach Tavarés	54,00 –

Ungarn, Siebenbürgen, Slavonien und Croatien.

Kiruly in Ungarn nach Marikowsky	20,00° R.
Erlau in Ungarn nach Kitaibel	22,00 –
Kis-Kalan in Siebenbürgen nach Pataki	24,00 –
Lucska in Ungarn nach Kitaibel	25,00 –
Alsó-Vátza in Siebenbürgen nach Pataki	25,00 –
Szliàcs in Ungarn nach Höring	20—26,00 –
Rajecz in Ungarn	26—27,00 –
All-Gyogy in Siebenbürgen nach Pataki	23—28,00 –
Füred am Plattensee in Ungarn	28,00 –
Trenscin in Ungarn nach Karl	27—32,00 –
Szutinczka in Croatien nach Kitaibel	30—32,00 –
Stubnya in Ungarn nach Kitaibel	29—35,00 –
Krapina in Croatien nach Kitaibel	35—36,00 –
Lipik in Slavonien	30—41,00 –

Skleno in Ungarn nach Wehrle	19—44,60° R.
Töplika in Croatien nach Kitaibel	45,00 —
Harkány in Ungarn nach Patkowich	47,00 —
Topuszko in Croatien nach Gürth	45—49,00 —
Ofen in Ungarn nach Kitaibel u. Schuster	34—50,00 —
Mehadia in der Banatischen Militairgränze nach Schwarzott	18—51,00 —
Pöstheny in Ungarn nach Scholz	49—51,00 —

Griechenland.

Auf der Insel Thermia nach Goedechen	20—27,00° R.
Patradgik nach Landerer	38—40,00 —
Kythnos nach Landerer	32—44,00 —
Auf der Insel Milo nach Darwin	48,00 —
Die Thermopylen nach Landerer	52,00 —
Aidipso nach Landerer	54—72,00 —

Aufser den Thermalquellen Europa's sind noch bemerkenswerth in:

Asien.

Alipoota auf der Insel Ceylon nach Davy	21,50° R.
Kumgara am Kaukasus nach Herrmann	24,50 —
Gangamar in Tibet nach Turner	24,50 —
Los Banos auf St. Luçon (Philippinen) nach Meyen	24,75 —
Schelesnawodsk am Kaukasus nach Herrmann	31,00 —
Cannia bei Trinkomali auf Ceylon nach Percival	29—33,00 —
Sonah bei Delhi in Ostindien	33,50 —
Tankuban Prahu auf Java nach Raffles	35,50 —
Imam Ali in der Prov. Oman in Arabien nach Wellsted	35,56 —
Surate in Ostindien nach Whire	36—37,00 —
Balakhissar in Vorderasien (85 Engl. Meilen von Smyrna)	37,00 —

Piätigorsk am Maschuka am Kaukasus nach Herrmann	24—38,50° R.
Tiflis in Georgien	25—40,00 –
Turkinsk am Baikalsee nach Rehmann	42,00 –
Scheribon auf Java nach Raffles	43,50 –
Burgundu am Baikalsee nach Georgi	44,00 –
Ataran in Ostindien nach C. Low	45,00 –
Budrennaut in Ostindien nach Traill	47,50 –
Monghyr in Ostindien nach Herbst	48,00 –
Tavay in Ostindien nach C. Low	49,78 –
Germsir bei Germah in Persien nach Thomson	51,50 –
An der Frelicha am Baikalsee nach Georgi	54,00 –
Kostelnikowa am Baikalsee nach Georgi	55,00 –
Paulsbad am Kaukasus nach Herrmann	32—59,00 –
Bargusinsk am Baikalsee nach Rehmann und Hefs	48—60,00 –
Im Dschemnathal auf dem Himalaya nach Skinner	65,78 –
Sirgoojah in Ostindien nach Breton	68,00 –
Schoahou in Tibet nach Turner	70,50 –
Katharinenbad am Kaukasus nach Herrmann	43—71,00 –
Petersbad am Kaukasus nach Herrmann	72,50 –
Tiberias in Syrien nach Madden	74,50 –
Auf der Insel Amsterdam nach Barrow	80,00 –
In Japan	80,00 –
Malka in Kamtschatka nach Erman	80,00 –

Afrika.

Hammam Berda bei Guelma in Nordafrika nach Hutin	23,00° R.
Graaf Reynet in der Kapkolonie in Südafrika nach Barrow	24,50 –
In der grofsen Oase Wah el Mendischah in Nordafrika nach Wilkinson	27,00 –

Zwarteberg in der Kapkolonie in Südafrika nach H. Lichtenstein	29—30,00° R.
Salazes auf Ile de Bourbon nach Bréon	30,00 —
Cardow in der Kapkolonie in Südafrika nach Barrow	33,50 —
Hammam-Sidi-ben-Hannefiah bei Maskara in Nordafrika	65,00 —
Brandvalley in der Kapkolonie in Südafrika nach Lichtenstein	65,50 —
Hammam-Meskutim bei Guelma in Nordafrika nach Hutin	78,00 —

Amerika und Australien.

Banique auf Hayti	22—23° R.
S. Juan in Südamerika nach A. v. Humboldt	24,00 —
Colina in Chili nach Meyen	23—25,00 —
St. Diego Guanabacoa und Madruga auf Cuba nach Sanchez Rubio	27—28,00 —
Cahouane auf der Insel Hayti nach St. Mery	27—30,00 —
Dolé auf Guadeloupe nach Chervin	30—31,00 —
Nordkarolina in Nordamer. nach J. Bell	27,50—32,00 —
Charlestown auf der Insel Newis	32,50 —
Virginien in Nordamerika nach J. Bell	29—33,00 —
Bergantin bei Nueva Barcellona in Südamerika nach A. v. Humboldt	34,50 —
Onoto im Thal von Aragua in Südamerika nach Boussingault	35,00 —
Am James river in Nordamerika nach Warden	35,50 —
Auf Martinique	40,00 —
St. Thomas auf Jamaika	40,50 —
Boynes auf St. Domingo nach Chatard	39—42,00 —
Bouillante auf Guadeloupe nach Chervin	37—44,00 —
St. Jago in Südamerika	48,00 —

Dalmarie auf St. Domingo nach St. Mery	37—50,00° R.
Mariara im Thale von Aragua in Südamerika nach Boussingault	51,50 –
Goyave auf Guadeloupe nach Chervin	39—52,00 –
Provisor bei Nueva Barcellona in Südamerika nach Boussingault	52,00 –
Caxamarca in Südamerika nach A. v. Humboldt	55,50 –
Cuenca in Südamerika nach A. v. Humboldt	57,50 –
Auf der Insel Tanna nach Forster	30—70,50 –
Las Trincheras bei Porto Cabello in Südamerika nach A. v. Humboldt	72,50 –
Auf der Insel St. Lucia (Antillen) nach Puguet	76,00 –
Chichimaquillo in Mexiko nach A. v. Humboldt	76,50 –
Comangillas in Mexiko nach A. v. Humboldt	76,50 –
Auf der Insel St. Michael nach Webster	78,50 –
Im Gebiet von Arkansas in Nordamerika nach J. Bell	60—79,00 –

VI. *Ueber die Morgen- und Abendwinde in Gebirgen; von J. Fournet.*

(Ann. de Chim. et de phys. T. LXXIV p. 337.)

Seit langer Zeit ist die Meteorologie im Besitz einer gewissen Zahl von Thatsachen, die der Aufmerksamkeit gleichsam entwischen, weil sie nicht zu einem wissenschaftlichen Körper zusammengestellt worden sind. In diese Klasse gehören die Arten von periodischen Fluthungen, denen die Atmosphäre in Gebirgsgegenden unterworfen ist. Dergleichen Oscillationen geben sich kund

durch Winde (*Brises*) die nach der Oertlichkeit verschiedene Stärke haben, im Allgemeinen aber am stärksten sind, wenn sie durch Thäler, Schluchten oder Engpässe gehen müssen.

So z. B. beobachtet man im Elsaſs, an der Mündung des groſsen *Münsterthals*, an jedem Abend nach heiſsen und windstillen Tagen einen solchen Strom, der die ganze Nacht anhält und dadurch in den Ebenen von Colmar bis in groſse Entfernung eine Kühlung verbreitet, deren Annehmlichkeit ich in meiner Jugend nach entomologischen Excursionen manchmal empfunden habe. In der Landessprache führt er den Namen *Thalwind*, ein Name, der beizubehalten ist, da er die Hauptseite der Erscheinung sehr wohl ausdrückt.

Ein ähnlicher Wind, der auch seit undenklicher Zeit angeführt wird, ist der von Nyons, Departement der Drôme, wo er *Pontias* heiſst.

Nach Hrn. Gras und andern Schriftstellern verspürt man diesen Wind alle Tage, im Sommer um 9 bis 10 Uhr Abends, im Winter von 6 Uhr an; er tritt aus einer engen, tiefen, gewundenen Schlucht, von fast zwei Lieues Erstreckung, die einerseits in die Ebenen der Rhone, bei Nyons, und andrerseits in ein sehr weites, von den Bergen der Drôme eingeschlossenes Thal ausmündet. Die ganze Nacht hindurch bis zum Aufgang der Sonne nimmt er an Stärke zu, sobald aber die Sonne über dem Horizont erschienen ist, nimmt er ab, und einige Stunden hernach, wenn deren Strahlen stark genug geworden, um die Erde zu erwärmen, hört er gänzlich auf.

Im Winter ist er weit kälter und heftiger als im Sommer, und er erniedrigt die Temperatur oft so sehr, daſs der Wasserdampf der Atmosphäre gefriert. Selbst im Sommer ist diese Kühle bedeutend genug, um in den Morgenstunden sehr empfindlich zu seyn. Ungeachtet seiner merkwürdigen Beständigkeit erleidet er Unterbrechungen oder Schwächungen, je nachdem die Umstände

mehr oder weniger günstig für sein Aufkommen werden. So scheint er bei drückender Sommerhitze, wenn die Erde, erhitzt durch eine brennende Sonnenwärme, bei der kurzen Dauer der Nächte nicht Zeit zum Erkalten hat, gleichsam erstickt; und ebenso verhält er sich, wenn es die ganze Nacht über regnet oder bewölkt ist, was indefs zu Nyons selten geschieht. Schneefälle dagegen scheinen einen grofsen Einflufs auf seine Entstehung zu haben, denn in den Wintern von 1639 und 1640, wo es keinen Schnee gab, blieb er aus. Hienach begreift man, dafs er nicht immer eine gleiche Strecke durchläuft. Im Winter oder vielmehr unmittelbar vor oder nach Regen steigt er zuweilen bis zur Rhone hinab, eine Strecke von 7 Lieues; im Sommer dagegen, oder bei heiterem Wetter, sind seine Wanderungen kürzer, erstrecken sich nicht über eine Lieue unterhalb Nyons; es giebt sogar Nächte, wo er kaum über diese Stadt hinausgeht.

Er hat nicht in den oberen Regionen der Atmosphäre seinen Sitz, selbst nicht auf den Hügeln in der Nachbarschaft von Nyons, scheint vielmehr gänzlich durch die Schlucht zu fliefsen, an deren Ausgang jene Stadt erbaut ist.

Er weht nicht ganz gleichförmig, vielmehr mit periodischen Verstärkungen, welche in Zwischenzeiten von einigen Minuten aufeinander folgen; besonders merkbar sind diese Verstärkungen, wenn der Südwind seinen Austritt erschwert. Dann entweicht er in unregelmäfsigen Stöfsen und mit desto gröfserer Heftigkeit, je mehr er zurückgehalten worden.

Man spürt ihn noch beim Aufsteigen in der Schlucht zu deren höheren Theilen, allein in dem Maafse man sich erhebt, nimmt er ab, und gänzlich verschwunden ist er, wenn man nach einem Gang von 2 bis 3000 Metern an den Fels gelangt, der das Gebiet von *Aubres* begränzt.

Schliefslich will ich noch eines Umstandes gedenken, dessen Wechselseitigkeitsbeziehung mit diesem Wind

die Aufmerksamkeit der Beobachter nicht erregt hat, obschon sie die Details angegeben haben. In demselben Thal, aber etwas höher, erhebt sich gewöhnlich um die Mitte des Tages ein kalter Wind, genannt *Vésine*, d. h. *böser Wind*, der bis zum Flusse *Eygues* hinaufgeht, das Defilé, wo das Dorf *Pilles* erbaut ist, durchströmt, und sich in einem weiten Thale, das darauf folgt, verliert. Er nimmt an Heftigkeit zu, in dem Maafse, als die Hitze stärker wird.

Man hat hier also zwei periodische Winde, einen bei Nacht und einen bei Tage, die, je nach der Tageszeit, eine entgegengesetzte Richtung haben, und unter örtlichen Umständen auftreten, welche für ihre Entwickelung am günstigsten sind. Die Folge wird noch besser zeigen, wie wichtig die Ausdehnung ist, die ich so eben dem Phänomen von Nyons gegeben habe.

Das Thal von *Eygues* ist nicht das einzige dieses Departements, welches solche Luftströme aufzuweisen vermag. Zu *Saillans*, wo das Bassin der *Drôme* sehr zusammengeschnürt ist, herrscht ebenfalls ein kühler Wind, *Solore* genannt, der dem Lauf des Flusses folgt. Nach Chorier ist er, wenn er heftig weht, ein sicherer Vorbote von Regen. Dergleichen Winde kennt man noch zu *Châteauneuf-de-Bordette*, *Bénivai*, *Saint-Mai* und *Venterol*, Orten, die sämmtlich in der Verengung eines Thals, oder am Eingang einer Schlucht liegen. Auf einer Reise, die ich zu Anfange des Frühlings 1838 in dem *Vercors* zu machen Gelegenheit hatte, habe ich ähnliche Winde am Ausgang der Schluchten von *Sainte-Eulalie* und *Saint-Laurent-en-Royans* angetroffen; ihre Wirkung war um so entschiedener, als damals die umgebenden Ebenen schon stark erwärmt waren, während die des Nachts von den mit Schnee bedeckten subalpinischen Höhen herabsteigende Luftmasse eine sehr niedrige Temperatur besafs, so dafs wenige Schritte hinreichten, um aus einer lauwarmen Atmosphäre in eine fast eisige überzugehen.

Bisher war nur von Vorgängen die Rede, die wegen örtlicher Umstände sehr ausgeprägt waren; man würde sich indefs irren, wenn man glaubte, dafs sie blofs den tiefen Depressionen des Bodens eigen wären. Einige Stellen aus Saussure's Reisewerk belehren uns, dafs sie allem abschüssigen oder ansteigenden Terrain angehören, und sich bis zu den höchsten Gipfeln zeigen.

Durch diese senkrechten Winde erklärt er einige Anomalien bei den in engen Thälern angestellten Barometermessungen; durch die nämliche Ursache sah er Schmetterlinge bis zu den letzten Gipfeln des Mont-blanc hinaufgeführt, und daselbst, ermattet von langer Anstrengung, verscheiden; sie endlich bewirkte, dafs während der schönen Nächte bei seiner so merkwürdigen Station auf dem *Col de Géant* sein Hygrometer beständig zum Trocknen ging; er sah damals gegen Abend die Dämpfe sich verdichten, und zunächst bis zu seinem Niveau herabsteigen, wo sie im Vorübergang Thau und Abendfeuchtigkeit hervorbrachten; dann fuhren sie fort hinabzusinken und sich auf dem Grund der Thäler anzuhäufen, während zugleich die Luft in der Umgebung des Gipfels immer reiner und trockner wurde. Diese Wirkung war so ausgezeichnet, dafs er während 14tägiger Beobachtungen die gröfste Trockenheit an seinem Hygrometer in der Nacht beobachtete, nämlich 66°,3 um Mitternacht, und sogar nur 52°,5 um 4 Uhr Morgens. Sicher war es nicht Wärme, was diese Trockenheit bewirkte, denn um Mitternacht zeigte das Thermometer nur +0°,13 C., und um 4 Uhr Morgens sogar — 0°,5 C. Diese auf dem Col de Géant so trockne Nacht, war dagegen sehr feucht zu Chamouni, wo sich aller atmosphärischer Dampf niedergeschlagen zu haben schien. Umgekehrt bildeten sich im Hintergrunde der *Allée blanche* am Tage zuweilen Wolken, welche des Morgens, wenn die Sonne die Seiten der Berge erwärmte, deren Abhängen folgten, und sich rasch über den höchsten Gipfel erhoben. So sättigte sich

die Luft des Thales nach und nach mit Feuchtigkeit, und die sich bildenden Wolken behielten ihre Natur, so lange sie eingeschlossen blieben. So wie sie sich aber über diese Wände erhoben hatten und in einem freien Raum befanden, zertheilten sie sich in Flocken, die ähnlich denen von Daunen, die man elektrisirt, sich abzustofsen schienen, und sich in Wirbeln so sonderbar, rasch und mannichfaltig bewegten, dafs es zu beschreiben unmöglich ist. Diese täglichen Nebel störten oft seine Beobachtungen und wirkten stark auf sein Hygrometer, selbst wenn die Luft sonst überall vollkommen heiter war.

Saussure's Beobachtungen erhalten eine wichtige Bestätigung durch folgende Resultate, die Hr. Maurice zu Genf in dem *Résumé météorologique* für 1836 bekannt gemacht hat.

Zu Genf hat er in den dreifsig Jahren von 1796 bis 1825 als hygrometrisches Mittel erhalten 82°,09
während dasselbe in den sieben Jahren von 1829
bis 1835 nur betrug 80°,09

Umgekehrt war es auf dem St. Bernhard während des Zeitraums der 8 Jahre von 1815—1825 82°,91
und in den zehn folgenden Jahren 86°,84

Zu Genf zog man in der ersten Periode die Beobachtungen bei Sonnenaufgang mit in Rechnung, einer Zeit, die, bei der niedrigen Lage der Stadt, eine starke Anhäufung nächtlicher Dünste darbieten mufste, während in der zweiten Periode keine andere Morgen-Beobachtungen als um 9 Uhr gemacht wurden, also zu einer Zeit, wo der umgekehrte Effect schon sehr stark seyn mufste.

Ebenso umfafst auf dem St. Bernhard die erste Reihe die Zeiten des Sonnen-Aufgangs, die nothwendig auf der Alp weniger feucht sind, als in der zweiten Reihe die Momente 9 Uhr Morgens, Mittags und 3 Uhr Nachmittags, Momente, in denen der tägliche aufsteigende Strom

ein hygrometrisches Maximum erzeugt haben mufs. Hr. Maurice glaubt diese Unterschiede nicht anders als durch Beschädigungen des Instruments erklären zu können; allein wie man sieht, stehen sie im vollen Einklang mit dem Gesetz des periodischen Schwankens der Atmosphäre, dessen Wirkungen wir untersuchen.

Versehen mit diesen Angaben und mehren anderen, die ihre Erwähnung natürlicher in der Folge finden, glaubte ich, dafs ein so deutlich ausgesprochenes Phänomen nicht blofs gewissen Oertlichkeiten eigen seyn könne, obwohl es wegen localer Mifsverhältnisse in der Temperatur an einigen stärker als an andern seyn kann, und ich richtete deshalb meine Aufmerksamkeit auf die Lyonner Berge.

Thal von Azergue.

Bei meinem Aufenthalt zu *Chessy*, im Jahre 1834 konnte ich nach Mufse beobachten, dafs bei windstillem Wetter, im Winter wie im Sommer, der Rauch der Schmelzhütten sich jeden Abend nach Sonnenuntergang über die niedrigen Wiesen, zwischen den Hütten und dem Dorfe, ausbreitet, und daselbst eine zusammenhängende, mehr oder weniger andauernde Schicht von etwa dreifsig Metern Höhe über dem Boden bildet. Beim Hinabsinken in dem Thale verdünnt sie sich immer mehr, so dafs sie zwischen Chessy und Chatillon nur noch durch ihren schweflichen Geruch wahrnehmbar ist, und der nächtliche Wind, welcher sie fast unmerkbar fortführt, erreicht gegen 10 Uhr Abends eine gewisse Stärke.

Selbst nach Tagen, an denen die Atmosphäre durch allgemeine Winde stark bewegt worden ist, erlaubt die Stille, die fast gewöhnlich gegen Abend, zur Zeit der Dämmerung, eintritt, noch momentan die Bildung des Phänomens.

Die Beobachtungen an dem Tageswind sind einer gröfseren Unsicherheit ausgesetzt, denn dann tragen zu viele

viele Ursachen zur Störung des Gleichgewichts der Luft bei; überdiefs scheinen die starke Erweiterung des Thals, seine Biegung neben den Schmelzhütten und seine Verzweigung mit dem kleinen Thal von Glay sich, inmitten der von dem Daseyn der Sonne hervorgerufenen Störungen, dem Aufkommen eines regelmäfsigen Stroms zu widersetzen; auch sehen wir ab von den sehr seltenen Fällen, wo Windstille den Dämpfen zu erlauben scheint, an den Abhängen hinaufzusteigen.

Das Phänomen des hinabsteigenden Nachtwinds ist den Bewohnern von Chessy sehr bekannt, und sie wissen es wohl zu unterscheiden von dem oberen Westwind, dessen Richtung vermöge der Stellung dieses Theils vom Thale eine gleiche ist. Dieser letztere führt immer Regen herbei, während sie den nächtlichen Wind als ein Vorzeichen von schönem Wetter betrachten; allein diese Meinung, welche sich, wie wir weiterhin sehen werden, auch in andern Ländern findet, leidet an dem Fehler zu grofser Allgemeinheit. Denn nach meinen Studien ist der Nachtwind stärker als gewöhnlich, wenn der Südwind in den oberen Theilen der Atmosphäre zu herrschen beginnt, und dann tritt ziemlich oft am andern Morgen oder kurze Zeit hernach Regen ein.

Die Landleute haben eine andere Beobachtung gemacht, die mit dem in Rede stehenden Phänomen innig verknüpft zu seyn scheint. In den ersten Tagen des Frühlings nämlich, wenn die zarteren Pflanzen auszuschlagen anfangen und das Wetter heiter ist, tritt ziemlich oft gegen Sonnenaufgang ein Frost ein, der die beginnende Vegetation zerstört. Er ist unter dem Namen *gelée du prin bros* (Frost der ersten Knospen) bekannt. Er verübt seine Verwüstungen hauptsächlich an niedrig gelegenen Orten, was sich nicht anders erklären läfst, als durch die vereinten Wirkungen der nächtlichen Strahlung und der durch die herabsteigenden Winde herbeigeführten Kälte der höheren Regionen, denn die Strah-

lung allein mufs auf Höhen und in Tiefen mit gleicher Stärke wirken, wenigstens wenn die Niveaudifferenzen nicht sehr bedeutend sind. Diese Beobachtung stimmt übrigens vollkommen mit der, dafs der Pontias durch seine erkältende Wirkung den atmosphärischen Wasserdampf zum Gefrieren bringt.

Thal von Brevenne.

Die Beobachtungen, welche Hr. Abt Chirat, Professor der Naturgeschichte am Seminar von *St. Foy-l'Argentière* auf meine Bitte zu machen die Güte hatte, reichen hin zu zeigen, dafs das Thal von Brevenne ebenfalls seine nächtlichen Winde hat.

„Ein Wind, schreibt er mir, den ich unserem Thale nicht für eigenthümlich zu halten wage, ist der, den die Leute *aloup de vent* oder vielleicht *loup de vent* (Windwolf) nennen; diefs ist weniger ein wehender Wind, als vielmehr ein Luftzug, der den Lauf der Brevenne herabsteigt, und zwar im Niveau des Flusses mit gröfserer Stärke als an den begleitenden Höhen. Er herrscht stärker im Januar und Februar als im December, welcher gewöhnlich neblig ist; man spürt ihn auch im Sommer. In letzterer Jahreszeit scheint er sich ungefähr gegen Sonnenuntergang zu erheben, und hält bis gegen acht Uhr Morgens an, dabei vor Sonnenaufgang das Maximum seiner Stärke erreichend. Er kühlt die Atmosphäre bedeutend ab, und zwischen seiner Kälte und der von eindringenden Nordwinden zeigt sich ein merkbarer Unterschied, denn bei diesem sinkt die Temperatur allmälig, während der Windwolf das Thermometer plötzlich um drei bis vier Grade herabdrückt, so dafs man während er herrscht, die lebhafteste Kälte empfindet. Zu diesen Zeiten geniefst man auch der schönsten Nächte, und am folgenden Morgen zeigt das Feld den meisten Glanz. Die Atmosphäre ist klar, und bleibt es, wenn der Nord die Oberhand bekommt; allein an den niedrigeren Or-

ten führt der Aloup gewöhnlich fast immer einen kalten und reichlichen Thau (*serein ou rosée froide*), ein Zeichen von Witterungswechsel, im Sommer wie im Winter, denn gewöhnlich kommt gegen Mitte des Tages ein Südwind mit Regenwolken herauf, wenigstens wenn nicht gegen 8 oder 9 Uhr Morgens sich Nordwind einstellt."

Diese Details reichen für meinen Zweck hin; ich werde mich nun zu einem anderen Gebiete wenden.

Thal von Gier.

Auf den ersten Blick scheint es natürlich vorauszusetzen, daſs der Thalwind sich auch im Gierthale finden müsse, weil es einerseits von der groſsen Masse des *Pilat* dominirt wird, und andrerseits an seinem unteren Ende sehr verengt ist. Allein meine Nachfragen in dieser Beziehung lieferten mir nur sehr ungewisse Aufschlüsse. Um die Schwierigkeit zu heben, wartete ich einen günstigen Tag ab; er bot sich mir im 2. März 1839 dar, wo ein schwacher Südwind eine stille Nacht ankündigte. Ich begab mich nach Saint-Chamond, wo ich um 4 Uhr Morgens anlangte; es war sehr kalt, Reif bedeckte den Boden, und der *Nible* [1]) fuhr fort die Atmosphäre zu erfüllen; in diesem Augenblick bildete sich ein herrlicher Hof um den Mond und der Nachtwind stieg, wie ich es erwartet hatte, in das Thal hinab.

Ich fuhr mit dem Beobachten fort und sah, daſs zu dieser Jahreszeit, wo die Sonne noch spät aufgeht, der hinabsteigende Impuls bis gegen 9 Uhr Morgens anhielt; allein der Rauch der Reverberieröfen, welcher sich bis dahin gegen die Ebenen der Rhone herabneigte, wurde senkrecht, oder schwankte bald bergan bald bergab; Oscillationen, die er bis gegen 10 Uhr Morgens unaufhörlich wiederholte, wo er sich dann entschieden aufrichtete.

1) Man versteht unter *Nible* eine dunstige Atmosphäre. Dieser Lyonner Ausdruck verdient, wegen seines Concisen, in die Meteorologie eingeführt zu werden.

Von diesem Momente an nahmen die Dünste und der Rauch des Thals einen aufsteigenden Weg und verlängerten sich zu einer dicken Schicht, die an den Seitenwänden des Pilat anhängende Wolkenbänke bildete, welche letztere erst gegen Mittag unter dem Einfluſs eines starken Sonnenscheins verschwanden,

Dieser neue Gang des Stroms erhielt sich, begünstigt durch die allgemeine Ruhe der Atmosphäre, bis gegen Abend, selbst noch einige Zeit nach Untergang der Sonne; aber bald stellte sich die morgendliche Unsicherheit wieder ein. Rauch von Feuerschwamm wandte sich bald nach dieser, bald nach jener Seite, und endlich gegen 10 Uhr Abends war die Richtung wieder gleichförmig hinabsteigend, wie in der vorhergehenden Nacht.

Ich verweilte zwei Tage zwischen *Rive-de-Gier* und *Saint-Chamond*, um diese Beobachtungen fortzusetzen. Sie ergaben dieselben allgemeinen Resultate, denselben Reif, denselben *Nible*, der sich bis gegen Mittag nur unvollständig erhob; dieselbe Tendenz, sich unter den übrigen Abhängen der Einfassung des Thals vorzugsweise an die Seiten des Pilat zu legen. Und während deſs herrschte auf der Rhone ein allgemeiner Südwind, und hinderte nicht, daſs der aufsteigende Strom bis Givors bemerklich war.

Vorstehende Beobachtungen wurden bei einem Südwinde gemacht. Es war daher nicht unwichtig zu sehen, welche Wirkung der Nordwind haben würde, und dazu eigneten sich die Tage des 15. 16. und 17. Februar 1840 vortrefflich.

Am 15ten um 7 Uhr Morgens war der Himmel gleichförmig bedeckt, in der Nacht vorher hatte es geregnet und die Atmosphäre des Rhonebeckens war dunstig. Zu Givors fielen noch gegen 8½ Uhr Morgens einige Tropfen, und dann fing es an, in Folge des nun beginnenden Nordwindes, sich an einigen Stellen aufzuheitern. Dessenungeachtet war oberhalb Rive-de-Gier

diese Verdünnung der Wolken erst gegen 4 Uhr Abends merklich, und der Wind (*brise*), der am Tage über aufsteigend gemessen war, nahm gegen 6½ Uhr die umgekehrte Richtung, und behielt sie die ganze Nacht hindurch.

Diese Vorläufer einer vollständigen Aenderung im Gange der allgemeinen Winde wurden von folgenden Erscheinungen begleitet.

Am 16ten um 5½ Uhr Morgens zeigte das Zenith des Thals weiter nichts als zahlreiche Cumuli; der untergehende Mond stand im Nebel und der Nachtwind stieg fortwährend hinab; allein der Himmel heiterte sich schnell auf und zeigte die gewöhnliche Abstufung der Wolken durch ihren Uebergang in den Zustnnd der Aepfelung (*pommelure*) und dann den der Cirrhi so gut, dafs, mit Ausnahme einiger leichten von Nord nach Süden gerichteten und durch den Nordwind fortgetriebenen Streifen, gegen sieben Uhr Morgens keine Spur von Bläschendampf in den oberen Regionen der Atmosphäre übrig war.

Dagegen war in dem unteren Theile der nächtliche Niederschlag der Dämpfe durch Reif, durch einen leichten Nebel, und vor allem, an der Mündung des Thals, durch eine grofse Anhäufung von Dämpfen bezeichnet, während die bergwärts liegenden Theile desselben weit klarer waren, ohne jedoch jene vollkommene Durchsichtigkeit zu zeigen, welche eins der wesentlichen Kennzeichen der Herrschaft des Südwindes ist.

Indefs verstärkte der herabsteigende Thalwind allmälig seine Kraft, und bewirkte Stöfse von solcher Heftigkeit, dafs sie nur das Resultat der Combination dieses Windes mit dem von der Querwand des Pilat zurückgeworfenen Nordwind seyn konnten, und diese Heftigkeit wuchs noch bis gegen 10 Uhr Morgens.

Erst gegen 1 Uhr Nachmittags mäfsigte er sich; um 1½ Uhr wurden die Rauchsäulen der Reverberieröfen

senkrecht, und um 2 Uhr war der allgemeine Wind entschieden wieder bergwärts gerichtet, in der Weise, dafs er sich in Zweige zertheilte, die respective auf die die Einfassung des Gier-Thales bildenden Gipfel der Berge des Pilat und von Riverie zugingen. Dieser Umstand ergab sich deutlich aus der Gablung des Rauchs aus den Schächten: Insel Elba, Matoret u. s. w., welche einander gegenüber und in gewisser Höhe auf entgegengesetzten Anhöhen des Thales liegen, während der Rauch aus den im tiefsten Grunde seiner Concavität liegenden Schächten eine mittlere Richtung einschlug und im Sinne seiner Axe fortschwamm.

Gegen die Mitte des Tages hatte das von den Gipfeln bewirkte Aufsaugen (*aspiration*) auch die Dünste aus den tiefen Gegenden der Atmosphäre in die höheren geführt, so dafs mehr oder weniger dünn gesäete Cumuli, vom Nordwind getrieben, abermals durch das Zenith gingen. Um 5 Uhr Abends arteten sie deutlich in eine regelmäfsige Aepfelung aus, und diese Erscheinung wurde von einer merklichen Schwächung des Thalwindes begleitet, so dafs um 6 Uhr die Rauchsäulen kaum noch bergan neigten, eine Verzögerung, die bald darauf die nächtliche Rückkehr zu Folge hatte. Um 7 Uhr endlich war der herabsteigende Wind sehr lebhaft.

Die Sonne, welche unter dem Horizont verschwunden war, liefs nun die Dünste dem erkältenden Einflufs der Nacht zur Beute, und der Himmel, der sich bei Sonnenuntergang auf einige Augenblicke aufgeheitert hatte, wurde aufs neue mit Cumulis bekleidet. Allein diese konnten dem Luftzuge von oben nach unten nicht lange widerstehen; gegen 11 Uhr nahmen sie merklich an Dichte ab, und sie verschwanden bald so vollständig, dafs am andern Morgen nur Spuren übrig geblieben waren.

Diese Reihe von Erscheinungen wiederholte sich am 17ten mit einer merkwürdigen Genauigkeit bis auf einige leichte Unterschiede, die aus einer etwas geringeren Stärke

des Thalwindes entspringen mochten; und zum Schlusse will ich noch hinzufügen, daſs ich bei meinem Austritt aus dem Thale, um drei Uhr Abends, im Rhonebecken den Nordwind im vollen Gange fand, und daſs derselbe die folgenden Tage anhielt.

Kurz man sieht, daſs der Nordwind eine merkwürdige Verzögerung in dem Aufkommen der täglichen Winde hervorbrachte. Dieser Umstand erklärt sich, wie man weiterhin sehen wird, durch die Kälte, welche er den höheren Bergwänden zuführt, so daſs es an diesen schönen Tagen eines anhaltenden Sonnenscheines bedurfte, um endlich einen aufsteigenden Luftstrom (*aspiration ascendente*) zu bedingen. Es ist sogar zu glauben, daſs letzterer ganz unterdrückt seyn würde, wenn sich zu einer gleichen Kälte (*apreté*) noch der Einfluſs eines sehr bedeckten Himmels hinzugesellt hätte, was geschehen seyn würde, wenn NW statt N eingetreten wäre.

Der unausgesetzte Nordwind veranlaſste einige Tage lang eine beträchtliche Erkältung; allein am nächsten Sonnabend, den 22. Febr., um 8 Uhr Morgens, konnte ich an dem Gange der Cumuli gewahren, daſs der Süd seine Stelle wieder einzunehmen suchte. Indeſs blieb er auf die oberen Theile des Pilat beschränkt, ohne die Ebenen des Gierthales in einem gleichen Grade erwärmen zu können.

Auch wurde der Nachtwind vollständig umgekehrt, und blieb während der Nächte des 22. und 23. Febr. aufsteigend, wie er es am Tage dazwischen gewesen war. Dieser, in so fern als es der umgekehrte des vorgehenden Falls ist, merkwürdige Vorgang, dürfte zur Stütze der weiterhin entwickelten Theorie noch anzuführen seyn.

Westabhang der Sauvages.

Es ist nicht genug, gezeigt zu haben, daſs sich zu gewissen Zeiten Luftströme an der Ostseite der Lyonner Berge einstellen; ein solcher beschränkter Gesichtspunkt

würde nicht füglich zu einer rationellen Erklärung der Thatsachen geführt haben. Ich habe daher meine Aufmerksamkeit auf den gegenüberliegenden Abhang gerichtet, und mich durch die folgenden Resultate überzeugt, dafs dort ähnliche Winde sich zu denselben Stunden erheben, denselben Gesetzen gehorchen und des Abends von den Gipfeln divergirend ausgehen, oder, was auf dasselbe hinausläuft, bei Tage, diefs und jenseits gegen dieselben Gipfel convergiren, so dafs der meteorologische Einflufs der Erhebungen des Bodens in Bezug auf die Vertiefungen desselben dadurch deutlich festgestellt wird.

Am 23. Juni 1839 hatten in der Atmosphäre ziemlich veränderliche Winde geherrscht. Um 3 Uhr Nachmittags trieb, in den höheren Regionen, ein Westwind die Wolken, während 1408 Meter über dem Meere, auf dem Gipfel von *Bouciore* bei *Tarare*, Nordwind herrschte; am Abend, wo ich mich zu *Pin-Bouchain* befand, war er nach NW umgesprungen, und zuletzt wurde er durch die gewöhnliche Abendstille ersetzt.

Ich war damals zu *St. Symphorien-de-Lay*, und gegen 10 Uhr, bei schön gestirntem Himmel, kam der Strom vom Kamme der Sauvages herunter. Als ich z. B. die Spitze vom angezündeten Feuerschwamm gegen die Höhen hielt, war die Verbrennung lebhafter, als wenn ich sie gegen die Loire gerichtet hatte; aus demselben Grunde war der Geruch seines Rauchs nach dieser Seite ziemlich weit zu spüren, während er sich oberhalb des Windes, selbst ziemlich nahebei, gar nicht wahrnehmbar machte. Ich erwähne vorzugsweise dieser chemischen Thatsachen, weil sie bestimmter sind, als die Kühle, die man unter gleichen Umständen an dem den Bergen zugewandten Theil des Körpers empfindet. Ich lege um so mehr Gewicht auf diese Bestimmungen zu *St. Symphorien*, als dieser Ort nicht in einer Schlucht liegt, sondern auf dem allgemeinen Abhang, der von den Gipfeln bis zur

Loire hinunter geht. Es ist übrigens aufser Zweifel, dafs das Herabströmen der Luft in den benachbarten Depressionen noch merklicher war.

Auf der Sauvages selbst, auf dem Kamme der beiden Abhänge zur Rhone und Loire; kann man zuweilen das umgekehrte tägliche Phänomen beobachten, wenn an Herbstmorgenden die Nebel aus den tiefen Gegenden sich zu beiden Seiten unter dem Einflufs des Sonnenscheins erheben. Sie steigen dann an beiden Abhängen hinauf und begegnen sich auf dem Kamme, wo sie, in der Atmosphäre herumwirbelnd, sich mit einander vermischen, bis sie zuletzt sich auflösen, in dem Maafse, als sie sich dem erkältenden Einflufs des Bodens entziehen.

Thal von Ondaine.

Um die Schilderung der in den Lyonner Bergen vorkommenden Thatsachen zu beschliefsen, will ich noch die Phänomene des dem Gier-Thale gerade gegenüberliegenden Ondainethales beschreiben.

Diefs hat eine recht merkwürdige Structur, in so fern es, verengert in seinen oberen Theilen, sich links von Firminy zu einer wellenförmigen Ebene erweitert, und dann an seinem unteren Ende durch die Felskämme von *Rivaire*, *Cornillon*, *Hermitage*, der *côtes noires*, durch die Grathe von *Fermat* und *Essumain* plötzlich verschlossen ist, so dafs die Gewässer der Ondaine nicht anders zu der Loire entweichen können, als durch die enge Spalte, welche das Defilé der *Noirie* bildet.

Sehen wir nun, welchen Einflufs diese Configuration auf die gesammte Luftmasse ausübt, die die Seiten des Pilat und der benachbarten Höhen während der Nacht herabfliefsen lassen.

Sie führt den Rauch der oberen Dörfer *Ricamarie* und *Chambon* fort, und breitet sie, gemäfs dem allgemeinen Gesetz, in den Abendstunden regelmäfsig aus; allein in der Erweiterung von *Firminy* angelangt, kann

der herabsteigende Strom, wegen des darauf folgenden Engpasses der *Noirie*, nicht direct sich gegen die Loire ergiefsen; er befindet sich überdiefs rechts von der Hügelkette, die von *Ricamarie* bis zu den *côtes Noires* hinzieht, so dafs er nach der gegenüberliegenden Seite umbiegt und längs den Rändern der von der Mündung der *Gampille* gebildeten Seiten-Ebene fortzieht, und erst nachdem er diesen Umweg gemacht hat, zum Engpafs der Noirie zurückkehrt.

Diefs beweisen wenigstens die Richtungen der Rauchsäulen von Firminy, Fraine und Planches, von denen die ersteren gegen SW und die beiden andern respective gegen NW und W ziehen. Mit einem Wort: diese Luftströme scheinen unter dem Gesetz zu stehen, welches gewisse Flüsse in den gegen ihre Ausmündung in das Meer liegenden Ebenen befolgen. Diese nämlich stellen dem Andrang der Flüsse einen Damm entgegen, und zwingen sie zu mehr oder weniger zahlreichen Windungen, welche, wie man sagt, den Erforschern unbekannter Länder oft als Regel gedient haben, um zu wissen, ob sie den Meeresküsten näher kamen, oder sich von ihnen entfernten. Das ist wenigstens, wie mir scheint, die natürlichste Erklärung der Thatsachen, die ich zu wiederholten Malen an windstillen Abenden im Juni 1839 beobachten konnte.

Diese Beobachtungen schienen mir zahlreich genug, um das Daseyn von atmosphärischen Fluthen in den Lyonner Bergen festzustellen; ich glaubte sie nun in den Alpen fortsetzen zu müssen, wo ich mich im August und September zum Behufe geologischer Untersuchungen aufhielt.

Thal von Maurienne.

Das große Thal von Maurienne war das erste, welches meine Aufmerksamkeit erregte, und diefs mit desto gröfserem Rechte, als das Daseyn eines recht ausgepräg-

ten täglichen Windes schon nachgewiesen ist in der wichtigen Arbeit, die wir dem Bischof der Diöcese, Alexis Billiet, über die Temperaturen dieser Intra-Alpinischen Region verdanken.

Wenn in der schönen Jahreszeit das Wetter heiter ist, verspürt man in diesem Thale alle Tage von 9 oder 10 Uhr Morgens bis 5 oder 6 Uhr Abends einen regelmäfsigen und oft sehr heftigen Wind, welcher immer die Atmosphäre mehr oder weniger abkühlt. Er beginnt sich fühlbar zu machen in der Umgegend von *Aiguebelle* gegen die Mündung der Arc in das grofse Becken der *Isère*, und setzt sich bergauf fort, mit seiner ganzen Stärke, bis *Fermignan*, wo das Thal anfängt eine grofse Höhe anzunehmen, und wo es überdiefs sich gabelt, um die Zweige des Doran und der oberen Arc zu bilden. Weniger merkbar ist er in den seitlichen Verzweigungen, vor allem in denen, welche rechtwinklich auf der Hauptaxe liegen, während er beim Durchgange durch Engpässe das Maximum seiner Stärke erreicht.

Er trocknet die Luft, reizt die Nerven, und die Fremden, so wie schwächliche Personen gewöhnen sich schwer an ihn. Nimmt er dagegen, statt aufsteigend zu seyn, einen umgekehrten Gang, so hat man eine Witterungsänderung zu erwarten.

Nahe bei St. Jean-de-Maurienne hat er gleiche Richtung mit diesem Theile des Thals, d. h. eine nord-südliche; man könnte ihn daher verwechseln mit der *Bise noire*, einem allgemeinen Nord- oder Nordwestwind, der seinen Namen davon hat, dafs er dunkle Wolken vor sich hintreibt; allein dieser dauert gewöhnlich nur drei bis vier Tage und herrscht vor allem gegen April, in allen Alpen, so wie im Rhonebecken; der dem Maurienne-Thale eigenthümliche Wind dagegen fängt erst bei *Aiguebelle* an, oder ist wenigstens an diesem Ort und zu *Chambéry* nicht gleichzeitig vorhanden; überdiefs ist er nicht so kalt als die Bise.

Vervollständigen wir diese Früchte eines langen Studiums durch einige Beobachtungen, die wir beiläufig machen konnten. Diese Vervollständigung mufste wesentlich zwei Zwecke haben; zunächst die Nachweisung des Daseyns einer nächtlichen Rückströmung, und dann die ihrer Verlängerung in die Seitenzweige.

Am 1. Sept. 1838 hatte ich das Glück, mit HH. de Beaumont und Sismonda den *Thabor-Berg* zu besteigen. Während wir in dem Thal *Meynier* hinaufgingen, empfanden wir einen mäfsig lebhaften Wind, der unserer Richtung folgte; als wir aber den über das Meer 3172 Meter hohen Gipfel des Berges erreicht hatten, fanden wir einen oberen Südwind, der dem des Thals entgegengesetzt war. Diesem mufste man die vollkommene Klarheit zuschreiben, die an diesen Tagen in den oberen Regionen der Atmosphäre herrschte. Sie war so grofs, dafs wir jede Kette der Alpen mit merkwürdiger Deutlichkeit sahen, z. B. die äufseren Einzelheiten des prachtvollen Erhebungskraters der *Bérarde*, so wie die langen Kämme des *Viso-Systems*, die sich mit ihrem merkwürdigen Parallelismus unter einander und mit ihrer nicht weniger hervorstechenden Schiefe gegen die Kette der westlichen Alpen in die Ferne verloren. Ganz verschieden dagegen war der Anblick der Rhone-Ebenen; über ihnen lag eine mächtige Wolke. Auch erfuhr ich zu Lyon von Hrn. Clerc, dafs dort zu derselben Zeit Nordwind herrschte, und durch seine Kälte die Dünste auf dieser Seite verdichtete.

Indefs war der Luftstrom, der uns am Morgen begleitet hatte, unabhängig von diesen allgemeinen Winden, und nur eine blofse Ableitung der grofsen Strömung im Maurienne-Thal, denn nachdem er gegen Abend abgenommen, trat an seine Stelle ziemlich rasch bei der Dämmerung die fast vollständige Windstille ein, welche man zu derselben Zeit in dem Hauptthale bemerkt; ich sage fast vollständig, denn, wenn während der Nacht die

Rückströmung nicht rasch genug war, um z. B. ein brennendes Licht auszublasen, so fehlte sie doch nicht gänzlich, wovon ich mich durch die Rauchsäulen überzeugt habe, anfangs bei meiner Rückkehr zum Dorfe *Valmegnier*, und endlich, um 6 Uhr Abends, zu *St. Michel*, im Becken der *Arc*. Aus dieser ersten Beobachtung geht hervor, dafs die Seitenthäler ebenfalls ihre täglichen Winde (*Brises*) haben. Sehen wir nun, was aus den Nachtwinden wird.

Am 22. Aug. 1839, an einem schönen Tage, stieg ich um 11 Uhr Morgens nach *Eypierre* hinab: der Tagwind wehte vollkommen regelmäfsig mit einer Lebhaftigkeit, die bis gegen 5½ Uhr Abends anhielt.

Um 6½ Uhr, bei 10°,2 C. im Zimmer, war dieser aufsteigende Luftzug nur noch durch den Rauch vom Feuerschwamm merkbar, und endlich, um 10 Uhr Abends hatte er sich zu *St. Jean-de-Maurienne* in abwechselnd auf- und absteigende Stöfse umgewandelt. Auch hatte sich in diesem erweiterten Theile des Beckens die Temperatur auf 13° C. erhalten; sie war also höher als die des Zimmers, und entsprach nicht der Abnahme, die nach dem um 3 Uhr, am Ufer der Arc zu Eypierre, beobachtetem Maximum von 18° C. statthaben mufste. Unabhängig von dieser Ursache zur Anomalie, mufs man glauben, dafs das Zustandekommen des regelmäfsig herabsteigenden Windes an diesem Orte ein gewisses Hindernifs findet in der Durchkreuzung dreier Thalrichtungen, nämlich der Richtung des von Süden kommenden *Arvan-Thales*, der des gen Norden streichenden Thals der unteren *Arc*, und der des nach Ost sich verlängernden Thals der oberen *Arc*.

Ermüdung hielt mich für den Augenblick von der Fortsetzung meiner Beobachtungen ab; allein am 23. um 6 Uhr Morgens fand ich den Gang des herabsteigenden Windes geregelt und momentane Stöfse erhöhten die Stärke desselben.

Der Morgen war prächtig, keine Wolke am Himmel, und Mittags stieg das Thermometer auf der *côte du Rocherai*, unter kurzem und trocknem Kraut, auf 49°,3 C., während es im Schatten 2 Fufs über dem Boden, ungeachtet der Rückstrahlung einer so hohen Temperatur, nur 19° zeigte. Unter dem Einflufs dieser Wärme war die örtliche Verdünnung der Luft so grofs, dafs ich, auf der Höhe der Gruben, an der Bewegung der Bäume sehen konnte, dafs der Wind aus dem Grunde des Thales mit grofser Heftigkeit bergan wehte. Die Nacht kam, und nach einigen Augenblicken der Ruhe, begab ich mich auf den Weg nach *Lans-le-Bourg*. Bei dieser, um 11 Uhr Abends unternommenen, Reise, hatte ich, auf der Imperiale der Diligence sitzend, Gelegenheit genug, den Nachtwind zu empfinden, dessen eisige Wirkung durch momentane Verstärkungen der Kraft erhöht wurde. Der Conducteur des Wagens sagte mir, auf mein Befragen, dafs diese Winde im Sommer wenig merklich seyen, aber beim Eintritt des Herbstes oder Winters durch die Kälte stärker würden. Verbindet man mit dieser Aussage die des Herrn Billiet, so gelangt man zu dem sehr merkwürdigen Schlufs, dafs die periodischen Winde des Maurienne-Thales, obwohl bei Tage im Winter unmerklich, in der Nacht eine gröfsere Stärke erlangen, während im Sommer das Gegentheil stattfindet. Dieser Umstand, dessen Möglichkeit für den Moment nicht bezweifelt werden kann, darf von den Beobachtern, die meine Untersuchungen fortsetzen wollen, nicht vernachlässigt werden.

Die Nachtwinde äufserten sich zu *Lans-le-Bourg* am 24. Aug. noch um 8 Uhr Morgens; allein um 8½ Uhr, bei 11°,5 C. Temperatur, trat so vollkommene Windstille ein, dafs der Rauch eines Schornsteins auf sich selbst zurückfiel, gleichsam einen ungeheuren Champignon bildend; um 9¾ Uhr endlich, als ich zur Höhe des Weges nach Romasse hinauffuhr, zeigten sich die ersten aufstei-

genden Luftströme. Sie hielten an, bis ich den Ausgang des Passes erreicht hatte, wo ich auf einen entgegengesetzten, aus Süden kommenden Wind stiefs, der den Landleuten unter dem Namen *Lombard* bekannt ist. Dieser bliefs mit solcher Heftigkeit, dafs die Gewässer des Sees stark aufgeregt waren; und er erkältete mich dermafsen, dafs ich, obwohl sonst wenig empfindlich für Uebergänge aus Hitze in Kälte, am ganzen Leibe schlotterte, wie mitten im Winter. Diese, in hohen Bergen ziemlich gemeine Erscheinung mufs mehr als das Resultat einer durch den Wind beschleunigten Verdampfung denn als das seiner Temperatnr betrachtet werden, da in dem erwähnten Beispiel das Thermometer ungefähr 14° C. zeigte.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VII. *Untersuchungen über die Fumarolen; von den HH. Melloni und Piria*

(Ein Brief des Hrn. Melloni an Hrn. Arago. *Compt. rend. T. XI p.* 352.)

Einige Zeit nach meiner Ankunft in Neapel machte ich einen Ausflug zum See von Agnano und zur Solfatara. Mehre Personen hatten mir bei der Abreise empfohlen, einen sehr sonderbaren Versuch über die in grofser Anzahl auf dem Boden dieser alten Kratere befindlichen Fumarolen zu wiederholen.

Die Fumarolen sind mehr oder weniger sichtbare Rauchstrahlen, entstehend durch Fällung von Wasserdampf, äufserst fein zertheiltem Schwefel und anderen starren oder flüssigen Körpern aus der Auflösung in Gasen, die durch kleine, oft unwahrnehmbare Ritzen oder Löcher aus dem Innern der Erde hervordringen. Sobald

man einer derselben ein Stück glimmenden Feuerschwamm nähert, sieht man den Rauch an Volumen und Dicke zunehmen. Noch deutlicher ist das Phänomen, wenn die Fumarole aus dem Innern einer Grotte, oder in irgend einem beschränkten Raum hervordringt, wie z. B. in einem Stübchen der natürlichen Dampfbäder, die am Rande des Sees von Agnano errichtet sind; alsdann verwandelt sich ein kaum sichtbarer Rauchfaden oft in eine Art weifslicher sehr dichter Wolke, die nach und nach den ganzen umgebenden Raum erfüllt.

Gleich beim ersten Anblick dieser Thatsache schien mir einleuchtend, dafs man sie nicht mechanisch erklären könne, d. h., dafs keinesweges die Wärme des Feuerschwamms durch eine Verdünnung der über dem Boden befindlichen Gasmasse etwa ein beschleunigteres Ausströmen des Rauchs bewirke. In der That steht das Ausströmen des Rauchs durchaus in keinem Verhältnifs zur Menge der von dem glimmenden Körper entwickelten Wärme. Ein kleines Stück brennenden Feuerschwamms hat fast dieselbe Wirkung wie ein grofses, und überdiefs überzeugt man sich bald, bei Anstellung des Versuchs auf einem Boden, der auf einer kleinen Ausdehnung eine gewisse Anzahl von Fumarolen enthält, dafs die einmal erregte Wirkung sich nicht auf dem Wege der Verdünnung fortpflanzt. Ich bemerkte an einem der innern Abhänge der Solfatara einen Raum von 3 bis 4 Quadratmetern Fläche, der durch einen Kranz von Fumarolen ganz abgeschlossen war. Als ich in einem windstillen Augenblick den Rändern dieses Raums eine brennende Cigarre näherte, sah ich die Vermehrung der Dampf-Erzeugung nicht blofs bei der die Cigarre berührenden Fumarole und den benachbarten, sondern in dem ganzen Kranze bis zur entferntesten, d. h. bis zu einer Entfernung von 5 bis 6 Fufs; und diefs geschah ohne Aenderung in der Richtung der Dampfsäulen, indem diese fortwährend senkrecht aufstiegen und nicht gegen den brennenden Körper neigten,

ten, wie sie es unfehlbar hätten thun müssen, wenn die Erscheinung von einer durch die Wärme bewirkten Verdünnung des Gasgemenges herrührte.

Wenn nun die Erscheinung nicht aus einer durch das Daseyn des heifsen Körpers dem Gase eingeprägten Bewegung entspringt, so mufs man sie nothwendig einer chemischen Action zuschreiben; alsdann begreift man die Art von Unabhängigkeit, die zwischen der Intensität der Erscheinung und der Anzahl der glimmenden Punkte besteht; dann begreift man auch, wie die Dampfvermehrung sich von einer Fumarole zur andern mittheilen kann, ohne dafs dadurch die natürliche Richtung der Rauchstrahlen abgeändert wird.

Ich theilte noch am Beobachtungsorte diese einfachen und folgerichtigen Bemerkungen Hrn. Piria mit, der die Güte hatte mich zu begleiten, und ich veranlafste ihn diesen Vorgang, der mir sehr interessant erschien, sorgfältig zu studiren. Der junge neapolitanische Chemiker versprach mir, es zu thun, und gegenwärtig empfange ich von ihm eine Notiz, welche die Hauptresultate seiner ersten Untersuchungen enthält. Sie selbst werden beurtheilen, wie wichtig diese Resultate für gewisse Zweige der Chemie und für die Erklärung gewisser geologischer Phänomene sind. Folgendes ist eine Uebersetzung seines Briefes.

„Meine ersten Versuche zur Erklärung des Phänomens bezweckten eine künstliche Hervorbringung desselben in meinem Laboratorium. Ich begann mit Schwefelwasserstoffgas für sich zu experimentiren, da das Daseyn dieses Gases in den Fumarolen der Solfatara Keinem, der diesen Ort besucht hat, zweifelhaft seyn kann; und um diesen Versuch bequem anzustellen, brachte ich in einen Gas-Recipienten ein Gemeng von Wasser, Schwefeleisen und Schwefelsäure. Ich verschlofs den Hals dieses Recipienten durch einen Propfen und steckte durch diesen den nach Art eines Trichters herabgebogenen Hals

einer Flasche mit abgeschnittenem Boden. Das in den Recipienten entwickelte Schwefelwasserstoffgas ging in den zweiten, und mischte sich daselbst mit einer großsen Menge atmosphärischer Luft, die durch den oberen Theil frei hineindrang. Steckte man in diesen letzteren Theil ein Stückchen glimmenden Feuerschwamms oder irgend eines andern brennenden Körpers, so erschienen dicke weifsliche Dämpfe, anfangs dicht an diesem Körper, aber in sehr kurzer Zeit sich über die ganze Gasmasse verbreitend.

Um zu erfahren, was für Produkte sich bei dieser Reaction bilden, hing ich ein Stück brennender Kohle mitten in einem Glaskolben auf, und leitete in diesen Schwefelwasserstoffgas. So wie das Gas mit der Kohle in Berührung kam, zeigten sich weifse Dämpfe, und in wenig Augenblicken erfüllten sie den ganzen Kolben. Nach Beendigung des Versuchs fand ich in dem Gefäfs eine grofse Menge schwefliger Säure, einige Spuren Schwefel und viel Wasser, in Form von Thau auf die Wände des Gefäfses abgesetzt. Die Bestandtheile des Schwefelwasserstoffgases verbinden sich also mit dem Sauerstoff der Luft, und bilden Wasser und schweflige Säure. Was den Schwefel betrifft, so ist er, meines Erachtens, ein secundäres Produkt, welches man der Reaction des Wassers und der schwefligen Säure auf noch nicht zersetztes Schwefelwasserstoffgas zuschreiben mufs: denn bekanntlich giebt der blofse Contact dieser drei Körper zur Bildung von Wasser und Ablagerung von Schwefel Anlafs. Man mufs also bei dem in Rede stehenden Phänomen zwei wohl verschiedene Vorgänge unterscheiden, die durch die glühende Kohle direct zwischen dem Sauerstoff der Luft einerseits, und dem Wasserstoff und dem Schwefel des Gases andrerseits erzeugte Wirkung, welche Wasser und schweflige Säure zu Produkten giebt, und die secundäre Wirkung dieser beiden Produkte auf unzersetztes Gas, woraus eine neue Fällung

von Wasser und Ablagerung von Schwefel hervorgeht. Mithin besteht der Rauch dicht bei dem brennenden Körper aus Wasserdampf und weiterhin aus Wasserdampf und äufserst fein zertheiltem Schwefel.

Nun mufste man sehen, von welcher Natur die Wirkung der brennenden Kohle sey. Ich brachte in den Kolben einen rothglühend gemachten Glasstab. Es zeigte sich nicht die geringste Reaction zwischen den Elementen beider Gase. Diefs beweifst auf entscheidende Weise, dafs die Wärme nicht alleinige Ursache der Erscheinung ist. Andrerseits verhielten sich metallisches Eisen und fast alle seine natürlichen Verbindungen, Eisenglanz, Titaneisen, selbst Schwefelkies, statt des Glasstabes genommen, genau wie brennende Kohle. Dagegen erzeugten Kupfer, Zink und Antimon weder Wasserdampf noch schweflige Säure, auf was für eine Temperatur man sie auch vor der Einführung in das Gemenge von atmosphärischer Luft und Schwefelwasserstoff bringen mochte. Jedoch bekleideten sich diese Metalle, wie das Eisen, mit einer leichten Schicht von Sulfure, und sie verhielten sich, chemisch gesprochen, auf gleiche Weise. Ueberdiefs haben wir gesehen, dafs Schwefelkies und Kohle sich keins der Elemente des Schwefelwasserstoffs bemächtigen und dennoch die Reaction dieser Elemente auf den Sauerstoff der Luft hervorrufen.

Nach diesen Versuchen und vielen andern, die hier zu beschreiben zu langweilig seyn würde, glaube ich, dafs man das Phänomen, welches uns beschäftigt, in die schon so ausgedehnte Klasse derjenigen chemischen Actionen setzen mufs, deren Ursprung noch in Dunkelheit gehüllt ist, und die Berzelius in neuerer Zeit unter der generischen Benennung von katalytischen Kräften zusammengefafst hat. Eisen und Kohle verhalten sich zum Gemenge von atmosphärischer Luft und Schwefelwasserstoffgas, wie Platinschwamm zum Gemenge von Sauer-

stoff und Wasserstoff, oder vielmehr wie Silber zum oxydirten Wasser und Ferment zum Zucker.

Die Wirkung des Eisens und seiner Verbindungen liefs mich vermuthen, dafs vulcanische Laven und andere eisenschüssige Körper sich ebenso verhalten möchten. Und in der That, als ich den Versuch mit mehren Arten von Laven aus dem Vesuv und der Solfatara anstellte, hatte ich die Genugthuung meine Muthmafsung bestätigt zu sehen. Ich mufs sogar sagen, dafs das Resultat meine Erwartung übertraf; denn ich sah basaltische Laven, die weit stärker als Eisen und Kohle wirkten. Hiernach ist klar, dafs die Laven der unterirdischen Höhlen der Solfatara und analoger Vulcane, da sie die hohe Temperatur des Innern besitzen und zugleich mit der atmosphärischen Luft und den aufsteigenden Strömen von Schwefelwasserstoff in Berührung stehen, auf diese Gase nothwendig so, wie bei unserem Versuch reagiren, also erst Wasserdampf und schweflige Säure, und darauf Wolken von Wasserdampf und äufserst fein zertheiltem Schwefel erzeugen müssen. Auf diese Weise bilden sich aller Wahrscheinlichkeit nach anfangs die Fumarolen und hinterher die grofsen Mengen von Schwefel, die in allen Theilen des mehr oder weniger direct von diesen unaufhörlichen Gasströmen durchbrochenen Bodens abgesetzt sind.

Man begreift auch, wie die Produkte aus der Einwirkung der Laven auf die sie umgebenden Gase die einfachen und zusammengesetzten schwefelsauren Salze erzeugen, die man auf dem Boden der Solfatara so reichlich verbreitet findet. In der That mufs die schweflige Säure die Laven langsam zersetzen und sich mit den darin enthaltenen Metalloxyden verbinden, demnach schwefligsaure Salze erzeugen, die sich, indem sie Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft anziehen, nach und nach in schwefelsaure Salze umwandeln.

Sind nun der Schwefelwasserstoff und die auf eine

gewisse Temperatur gebrachten Laven die einzigen Körper, die durch ihre gleichzeitige Anwesenheit auf die Bestandtheile der atmosphärischen Luft wirken? Diefs scheint mir kaum wahrscheinlich, vielmehr glaube ich, dafs man bei irgend einer andern Substanz und der Salzsäure, die sich aus dem Vesuv und andern vollauf thätigen Vulcanen fortwährend entwickelt, Beispiele einer ganz analogen Wirkungsweise finde. Daher ohne Zweifel die Bildung von Salpetersäure, salpetersauren Salzen und Salmiak, Substanzen die in der Natur so häufig, und in den Laboratorien so schwierig durch directe Vereinigung ihrer Bestandtheile (Salpetersäure, Ammoniak? *P.*) zu bilden sind. Auf dieses Ziel werden nun meine ferneren Versuche gerichtet seyn."

VIII. *Natürlicher Eiskeller im Westerwalde* [1]).

Auf dem Westerwalde hat man im vorigen Sommer (1839?) eine merkwürdige Stelle gefunden, an welcher sich eine nicht unbeträchtliche Eismasse während des ganzen Jahres erhält. Es ist diefs unweit des Dorfes *Frickhofen*, im Amte *Hadamar*, am Fufse der sogenannten *Dornburg*, eines breiten, etwa 500 Fufs hohen Basaltberges und auffallenderweise gerade an dem südlichen Abhang desselben. Die erste Entdeckung dieses interessanten Vorkommnisses wurde im Monat Juni durch Tagelöhner gemacht, welche von dem in bedeutender Menge an dem steilen Gehänge des Berges aufgehäuften Basaltgeröll Steine für den Wegbau sammeln wollten und nicht wenig erstaunten, als sie dieselben kaum zwei Fufs unter der Oberfläche fest aneinander gefroren und die Zwischenräume dicht mit Eis erfüllt fanden. Später wurden

1) Aus der Allgemeinen Zeitung No. 309; 1840.

auf Veranlassung der Nassauischen Regierung zu verschiedenen Zeiten wiederholte Untersuchungen vorgenommen, aus denen sich ergab, daſs die Eisbildung in den Zwischenräumen des Basaltgerölls 20 bis 22 Fuſs Tiefe hinabreicht, dann nur noch als eine Art Reif in deutlichen und regelmäſsig ausgebildeten sechsseitigen Kristalltäfelchen die oberen Wände der Zwischenräume bekleidet, und immer seltener werdend bei 26 Fuſs Tiefe, wo alsdann das Basaltgeröll mit trocknem Sand vermengt lose aufeinander liegt, ganz aufhört. Die Ausdehnung in die Länge und Breite mag etwa 40 bis 50 Fuſs betragen; sie erweitert sich im Winter und zieht sich im Sommer zusammen. In den Vertiefungen, die man bei den vorgenommenen Untersuchungen machte, fand, wo die Zwischenräume nicht ganz mit Eis erfüllt waren, ein merkliches Ausströmen der Luft statt, das im Frühjahr und Sommer besonders stark war, und wobei die Temperatur der ausströmenden Luft zu +1° R. beobachtet wurde. Die Eisstelle selbst besteht aus nacktem Geröll, auf dem sich nur unvollkommene Bildungen von Steinflechten finden; sie wird aber nach dem Thale zu von einem üppigen Schlage junger Kiefern begränzt, und in der Nähe wird nirgends eine nachtheilige Wirkung von Kälte in der Vegetation bemerkt. Ueberhaupt ist die Lage der Stelle, die etwa 500 Fuſs Meereshöhe haben mag, nicht von der Art, daſs die Ursache der Eisbildung in klimatischen Verhältnissen gesucht werden kann; auch ist kein Grund vorhanden, irgend ein unbekanntes, Kälte erzeugendes Agens der Erscheinung unterzulegen, vielmehr finden sich die Bedingungen zu derselben einzig in dem eigenthümlichen Lagerungsverhältniſs des Gerölls, das aus faust- bis kopfgroſsen, unregelmäſsig eckigen Basaltstücken, ohne alle Beimengung von Sand oder Erde bestehend, in einem Winkel von etwa 45° an dem steilen Gehänge hinaufzieht, in der oberen und mittleren Region ganz nackt daliegt, am Fuſse aber von Dammerde überlagert,

und abgeschlossen ist. In die Zwischenräume dieses Gerölls senkt sich während des Winters die kalte und deshalb schwerere Luft herab und überträgt demselben die jedesmal stattfindende strengste Kälte; wegen der intensiven Wirkung der Strahlen auf der gegen Süden geneigten Fläche und dem dunklen Gestein wird der auf das Gerölle fallende Schnee von der Sonne schnell geschmolzen, und die hieraus folgende paradoxe Erscheinung, dafs gerade über der Eisfläche der Schnee im Winter nicht liegen bleibt, hat einen wesentlichen Einflufs auf die Bildung des Eises, denn das mit der niedrigsten Temperatur einsickernde Schneewasser mufs in dem kalten Geröll alsbald wieder gefrieren und nach und nach als Eis sich darin anhäufen. Dafs sich dieses aber während des Sommers erhält, kann bei seiner beträchtlichen Ausdehnung nicht sehr auffallen, wenn man berücksichtigt, dafs es von einem so schlechten Wärmeleiter, wie das Geröll, umgeben ist, und dafs die wärmere Luft des Sommers, wegen ihrer geringeren Wärme, nicht allenthalben in dasselbe eindringen kann. Wo indessen stellenweise, weil das Geröll unten nicht hermetisch verschlossen ist, ein Austreten der kalten Luft aus demselben und Nachdringen der wärmeren Atmosphäre in dasselbe stattfinden mag, kann dennoch eine bedeutende Schmelzung des Eises nicht bewirkt werden, weil die durch die engen Zwischenräume der feuchten Steine durchziehende Luft sich bald mit Wasserdunst schwängern und hiedurch einen grofsen Theil ihrer freien Wärme verlieren wird.

Am Fufse des Berges finden sich übrigens sehr wasserreiche kalte Quellen, wovon die eine 4°,5, die andere 5°, und die dritte 7° bis 8° R. Temperatur besitzt; sie empfehlen sich für Kaltwasserheilanstalten, indem Quellen von so niedriger Temperatur und so reinem weichem Wasser für diesen Zweck in einer so schönen und milden Lage nur selten angetroffen werden möchten.

IX. *Ueber die Periodicität der Aërolithen; von Hrn. Cappocci.*

(Schreiben desselben an Hrn. Arago. *Compt. rend. T. XI p. 357.*)

Am 17. März habe ich in unserer Akademie eine Abhandlung über die Aërolithen gelesen, veranlaſst durch den, der hier, zu Neapel, am 29. November vorigen Jahres (1839) zwanzig Minuten vor Untergang der Sonne, zersprang. Ich erinnerte mich damals, daſs im J. 1820, fast zur selben Jahreszeit, ein ähnliches Ereigniſs in Calabrien stattgefunden hatte, welches die Umgegend von Cosenza mit Steinen erfüllte und in Neapel das lebhafteste Licht verbreitete; und als ich das Datum näher aufsuchte, sah ich mit Erstaunen, daſs es ebenfalls der 29. November gewesen war. Ich dehnte nun meine Nachforschungen auf alle bekannten Meteorsteine, Feuerkugeln und Sternschnuppenfälle aus, sammelte gegen 600 solcher Erscheinungen und stellte sie in einer Tafel zusammen, in der Weise geordnet, daſs die von demselben Tage, aber verschiedenen Jahren, nebeneinander zu stehen kamen. Bekanntlich hat man schon sonst diese Phänomene nach den Monaten gruppirt, ohne indeſs zu einer bemerkenswerthen Folgerung geführt zu werden, es sey denn die, daſs dieselben gewöhnlich im Frühling am häufigsten seyen. Allein, indem ich jeden einzelnen Tag in Betracht zog, bin ich zu einem ganz neuen Gesichtspunkte geführt, der die Periodicität dieser Ereignisse wenigstens eben so evident macht, als die der Sternschnuppen.

Unter den privilegirten Tagen für das Erscheinen der Aërolithen nimmt der 29. November, für welchen ich diese Periodicität zunächst vermuthete, den ersten Platz ein. Denn für die letzten 30 Jahre fand ich folgendes:

29. Nov. 1839	27. Nov. 1823
30. - 1834	28. - 1821
29. - 1831	30. - 1821
26. - 1831	29. - 1820
27. - 1824	28. - 1810
27. - 1824	29. - 1809.

In Summe also 12 Fälle. Allein die auffallendsten dieser Aërolithen - Erscheinungen fallen genau auf die Tage, die gewöhnlich durch grofse Sternschnuppenfälle ausgezeichnet sind, auf den 10. August und 13. November, so dafs diese Thatsache nicht nur die Periodicität und den kosmischen Ursprung der Meteorsteine, sondern auch deren Identität mit den Sternschnuppen beweist. Ich begnüge mich hier, für das periodische Auftreten der Aërolithen einen anderen Tag, den 29. Juli, nachzuweisen, der in Bezug auf den 10. August gewissermafsen das Seitenstück des 29. November zum 13. desselben Monates ist.

Vielleicht hat diefs einige Analogie mit Hrn. Erman's Ansicht über die die Sonne umgebende Art von ringförmigem Nebel [1]). Diese Schlüsse erlangen eine ziemlich befriedigende Bestätigung, da die Voraussagung sich gegen Ende des verflossenen Monats verwirklicht hat, am 26. und 29. Juli, aufser mehren Feuerkugeln von sehr starkem Glanz, drei bis vier Mal so viel Sternschnuppen in einer Stunde als sonst gewöhnlich beobachtet worden sind. Diese Periode, die von mir und meinem Kollegen, so wie von den HH. Quetelet, A. v. Humboldt und Vico (zu Rom) vorhergesagt wurde, scheint ihr Maximum am 26. Juli erreicht zu haben, also drei Tage vor der mittleren Epoche; und diefs scheint in einer überraschenden Relation mit der Periode vom 10. August zu stehen, die in diesem Jahre ebenfalls um drei Tage vorgerückt ist.

Was indefs die Richtigkeit meiner Entdeckung au-

1) S. Ann. Bd. XXXXVIII S. 582.

ſser Zweifel setzt, ist, glaube ich, der grofse Meteorsteinfall, der sich in der Lombardei und in Piemont am 17. desselben Monats zutrug [1]), denn dieser Tag befindet sich auch unter den angegebenen in der Tafel, die meine bei unserer Akademie niedergelegte Abhandlung begleitet. In dieser Tafel findet sich für die früheren Jahre Folgendes:

			Abgeleitete Intervalle.				Abgeleitete Intervalle.
1840	Juli	17		1761	Juli	17	5,0 Jahr
1835	-	17	5 Jahr	1755			5,0 -
1835	-	18	5,0 -	1750	-	16	6,0 -
1818	-	17	5,7 -	1730	-	17	5,0 -
1806	-	17	6,0 -	1686	-	19	4,9 -
1771	-	17	5,0 -	1666	-	17	5,0 -

Alle diese Erscheinungen, die fast an dem nämlichen Tage statthatten, machen im Vergleich mit der geringen Anzahl, die man in anderen Monaten antrifft (abgesehen von dem anderen periodischen Tage, dem 29sten Juli), die Voraussetzung einer willkührlichen Combination ganz unmöglich, und sie erhalten durch die in Ober-Italien beobachtete Thatsache die sicherste Bestätigung. Sehr merkwürdig ist auch die Periode von fünf Jahren, welche die Zeit zwischen den verschiedenen Meteorsteinfällen dividirt; sie läſst bei diesen kosmischen Körpern einen Umlauf von gleicher Zahl von Jahren vermuthen. Diese Thatsache berechtigt uns, meines Erachtens, diese Körper als wirkliche Kometen von geringem Volumen zu betrachten, ungefähr von der Natur des vom J. 1770. Dieser Komet, der ebenfalls eine Periode von fünf Jahren hatte und seitdem nicht wieder erschien, könnte wohl die Rolle eines Aërolithen beim Jupiter gespielt haben. Es ist auch merkwürdig, daſs der einzige Komet, welcher scheint mit der Erde zusammentreffen zu können, dieſs nur an demselben periodischen Tage, am 29. November, vermöchte!

1) Ann. Bd. LVIII S. 668.

Nach diesen, ich glaube, wohlbewährten Thatsachen und nach dem beständigen Vorkommen des Eisens, Kobalts und Nickels in allen Meteorsteinen, halte ich es für erlaubt, diese Körper als entstanden aus der Zusammenballung kosmischer, im Weltraum zerstreuter Atome zu halten, Atome, die, vermöge magnetischer Kraft, durch entgegengesetzte Pole gezwungen sind, sich zu vereinigen. Die körnigen, narbigen oder angefressenen Gestalten stimmen wohl mit dieser Voraussetzung überein, so dafs diese physischen Kennzeichen zu gleichen Schlüssen führen wie die chemische Zerlegung.

Aus Allem diesem, scheint mir, kann man folgern:

1. Im planetarischen Raume giebt es Zonen oder Ströme von mehr oder weniger feinen nebligen Materien, in einem mehr oder weniger starken magnetischen Zustande; und diese Zonen durchläuft die Erde, bei ihrem periodischen Umlauf, successiv an verschiedenen Tagen des Jahres.

2. Die gleichsam unfühlbarsten dieser Theilchen, schlagen sich auf die magnetischen Pole unserer Erde nieder und veranlassen dadurch die Nordlichter.

3. Etwas weniger kleine Theile (bei welchen, aufser der magnetischen Kraft, sich auch die Wirkung der allgemeinen Gravitation zu äufsern beginnt) werden von der Erde angezogen und zeigen sich in Gestalt von Sternschnuppen.

4. Dieselben Theile in einem etwas gröberen (*plus avancé*) Zustande geben auf gleiche Weise zu den glänzenderen Erscheinungen Anlafs, die unter den Namen Feuerkugeln, Aërolithen u. s. w. bekannt sind. Wegen ihrer gröfseren Masse gelangen diese Aërolithen, ohne sich zu verzehren oder sich gleichsam in Asche aufzulösen, bis in kleine Entfernungen von der Erdoberfläche; allein dann geschieht es immer, dafs sie durch Anhäufung von Elektricität und Wärme zerspringen, wie wenn

die Vorsehung dadurch einen zu heftigen Stofs gegen den Erdkörper hätte verhindern wollen.

5. Die Kometen endlich, deren Masse man bekanntlich immer sehr klein gefunden hat, sind nichts anderes als die gröfsten dieser Aërolithen, oder besser nichts als *Uranolithen*, welche, der Anziehung der Planeten entwischend, Zeit genug hatten, ihren Lauf im Planetenraum unabhängig zu verfolgen und so viel Materie an sich zu reifsen, dafs sie von der Erde aus sichtbar werden.

X. *Notizen.*

1. *Dämmerungsbogen.* — Ueber dieses bekanntlich durch den Erdschatten hervorgerufene Phänomen [1]) theilt Hr. F. B. Morse, in Silliman's *Journ. of Science Vol. XXXVIII p.* 389, folgende, wie es scheint, noch nicht gemachte Beobachtung mit. — Der morgendliche Dämmerungsbogen (*Twilight Bow*) beginnt eine halbe Stunde vor Sonnenaufgang im Westen am deutlichsten zu werden. Er hat dann eine Höhe von 15°. Zuerst erscheint er als ein blauer Bogen, dicht umgeben von einem schwachen Roth, das mit dem Blau zu Purpur verläuft. Ueber dem Roth erscheint Gelb, das sich mit ihm zu Orange vermischt. So wie die Sonne steigt, sinkt der Bogen mehr zum Horizont hinab. Bei einer Höhe von 8° über dem Horizont, oder 15 Minuten vor Sonnenaufgang sind die Farben am deutlichsten und concentrirtesten. Im Moment des Sonnenaufgangs fällt der Bogen mit dem Horizont zusammen. Der abendliche Bogen, der gegen Sonnenuntergang am östlichen Horizont erscheint, giebt genau zu denselben Erscheinungen in umgekehrter Ordnung Anlafs. — Am besten ist die Erscheinung bei sehr heiterem Himmel zu sehen, und dann erblickt man eine

1) Vgl. N. Gehl. Wörterb. Bd. II S. 270.

Stunde vor Sonnenaufgang eine zweite Farbenreihe, einen andern Bogen innerhalb des ersten (*and of the same height above the horizon*) bildend, der zwar sehr schwach und verwaschen, dennoch aber sehr erkennbar ist. Die Farben, von der Mitte ausgerechnet und mit Gelb angefangen, sind dann: Gelb, Blau, Roth, Gelb, Blau, Roth.

2. *Rothes Steinsalz.* — Hr Marcel de Serres hat im Verein mit Hrn. Joly, zu Montpellier, rothes Steinsalz von verschiedenen Fundorten, namentlich von Cordona in Spanien, unter dem Mikroskop untersucht, und gefunden, daſs es seine Farbe einer groſsen Menge eingeschlossener Infusorien von röthlicher Farbe, namentlich Monaden und Bacillarien verdankt. In dem Steinsalz von Cordona finden sich dieselben Thierchen, die auch in dem unter diesem Salz liegenden Mergel- und Thonschichten vorkommen. Die auf diese Weise rothgefärbten Steinsalze schwärzten sich auch bei Erhitzung, unter Aushauchung eines empyreumatischen Geruchs, indem jedoch durch geröthetes Lackmuspapier kein Ammoniak nachzuweisen war. (*Compt. rend. T. X p.* 322 und 477).

3. *Antarctische Vulcane.* — Die HH. Enderby, in London, die schon einmal das Glück hatten, daſs eine von ihnen ausgerüstete Expedition, das Schiff *Tula*, befehligt von Mr. Biscoe, geographische Entdeckungen im südlichen Eismeere machte, nämlich die beiden Küsten: *Enderby's-Land* und *Graham's-Land* auffand (1831 bis 1832), sind bei einer zweiten, von ihnen und andern Londner Kaufleuten, in jene Gegenden abgesandten Expedition (bestehend aus der Goëlette *Miſs Eliza Scott* und dem Kutter *Sabrina*, befehligt vom Capt. Balleny) von einem ähnlichen Zufall begünstigt worden. Diese entdeckte am 9. Februar 1839 eine Gruppe von fünf Inseln, deren mittelste ihre Westspitze unter 66° 44' S. und 163° 11' O. v. Greenw. liegen hat. Diese Inseln, genannt: *Sturge-*, *Buckle-*, *Borradaile-*, *Young-* und *Row-Island*

zeichnen sich dadurch aus, dafs sie sämmtlich vulcanischer Natur sind, wie diefs der an 12000 engl. Fufs hohe Kegelberg der Young-Insel, die Natur der an deren Küste aufgelesenen Steine (sogenannte Schlacken, nebst Basalt mit Olivinen), und zwei hohe von der Buckle-Insel aufsteigende Rauchsäulen genugsam an den Tag legten. Die Balleny-Inseln sind, mit Ausnahme der im J. 1820 vom Capt. Bellinghausen, unter 69° S. entdeckten vulcanischen Gegenden (Peter I-Insel und Alexander I-Küste) die südlichsten die man bis jetzt kennt. (*Journ. of the Geogr. Soc, Vol. IX p.* 522 [1])).

4. *Atlantische Felsen und Vulcane.* — Bekanntlich hat die Regierung der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika im August 1838 ein aus sechs Schiffen bestehendes Geschwader („*the exploring Expedition*") zum Behufe der näheren Erforschung des südlichen Eismeeres ausgerüstet [2]). Auf ihrem Wege dahin, durch das Atlantische Meer, hat es sich diese Expedition zur Aufgabe gemacht, das Daseyn der auf fast allen Karten mitten in diesem Meere angegebenen, vereinzelten Felsen, Klippen, Untiefen (*Rocks, Vigies, Shoals*) zu prüfen, und so hat sie elf dergleichen gefährliche Stellen nachgesucht, ohne indefs eine einzige derselben auffinden zu können. Unter andern wurde denn auch der Ort besucht (2° 43′ S. und 20° 43′ W. G.), wo im J. 1806 Capt. Krusenstern vom Bord der *Nadeshda* aus eine Er-

1) Eine Merkwürdigkeit auf dieser Reise war noch das Begegnen eines 300 Fufs hohen Eisberges, der in offner See schwimmend (61° S. 103° 40′ O., 1400 Miles vom nächsten bekannten Land), bei etwa einem Drittel seiner Höhe, von unten gerechnet, einen zwölf Fufs hohen Felsblock eingewachsen enthielt. Das Original giebt eine Abbildung davon und verweist auf ähnliche Fälle, erwähnt in Murchison's *Silurian System p.* 541 und Bennett's Reise (*Geogr. Journ. Vol. VII p.* 212), denen man noch eine ähnliche Beobachtung des Prof. Baer, *Bullet. de l'acad. de St. Petersbourg T. II p.* 8 hinzufügen könnte.

2) Eine der seither bekannt gewordenen Früchte derselben ist die Entdeckung einer sehr ausgedehnten Küste unter hoher südlicher Breite.

scheinung beobachtete, die er, mit den gesammten Offizieren des Schiffs, für den Ausbruch eines submarinen Vulcans hielt. Allein auch hier konnte Ltn. Wilkes, der Befehlshaber des amerikanischen Geschwaders, nichts entdecken. Man mufs daher annehmen, dafs das Produkt dieses Ausbruchs eben so vergänglicher Natur war, als die Insel *Sabrina* bei den Azoren, und die *Isola Ferdinandea* im mittelländischen Meere (Krusenstern im *Bullet. scient. de l'acad. de St. Petersbourg T. VI p. 93.*)

5. *Fortschleuderung durch Blitz.* — Hr. Hubert hat der Pariser Akademie die merkwürdige Thatsache mitgetheilt, dafs am 3. Juni 1839 ein Mann, der bei einem Gewitter unter einer Eiche Schutz gesucht hatte, daselbst vom Blitz erschlagen, und durch denselben 23 Meter (70 par. Fufs) fortgeschleudert wurde. Man fand ihn in dieser Entfernung von der Eiche unter einem Kastanienbusch. (*Compt. rend. T. X p.* 115.)

6. *Grofse Verbreitung des Erdbebens von Valdivia.* — Das Erdbeben vom 7. Nov. 1837, welches die Stadt *Valdivia* (39°50′ S., 73°34′ W. G.) in Chile, zerstörte, ist nicht nur merkwürdig wegen seiner Heftigkeit, sondern auch wegen seiner aufserordentlichen Verbreitung. Auf den *Gambiers-Inseln*, auf *Tahiti*, auf den *Samoa*- oder *Schiffer-Inseln*, ja sogar auf den *Vavao-Inseln*, unter 18°34′ S. und 173°59′ W, also 21 Grad nördlicher und 100 Grad westlicher als Valdivia, bewirkte es gewaltige Aufregungen des Meeres, die in einem mehrmaligen Steigen und Fallen desselben bestanden. Auf den letztgenannten Inseln traten diese Bewegungen am 8. November ein und wiederholten sich 36 Stunden lang, alle zehn Minuten. Erdbeben wurden nicht verspürt, allein auf der *Samoa*-Gruppe, namentlich im Hafenort *Apra*, auf der Insel *Opolu*, wo der Missionar Mill schätzbare Beobachtungen machte, hielt ein solches die beiden Tage des 7. und 8. Nov. unausgesetzt an, und

darauf stellten sich am zweiten Tage Nachmittags die ungewöhnlichen, vertikalen Oscillationen des Meeres ein (*Compt. rend. T. X p.* 835). — Auch die *Sandwich*-Inseln waren Zeuge des letzteren Phänomens, und es erregte um so mehr Verwunderung, als damit kein Erdbeben verbunden war. Bei der Stadt Hanolulu, auf Owahu begann die Erscheinung am Nachmittage des 7. Novbr. mit einem Zurücktreten des Meeres, einem so starken, dafs der Hafen ganz trocken gelegt wurde und die Fische starben; nach 28 Minuten kehrte indefs das Wasser zurück, stieg bis zur gewöhnlichen Fluthhöhe, und sank dann schnell wieder um sechs Fufs, um nach 28 Minuten abermals zu steigen. In solchen ungewöhnlichen Oscillationen beharrte das Meer die ganze Nacht und den Vormittag des 8. Nov. Die höchsten Wasserstände gingen dabei nicht viel über die gewöhnlichen Fluthhöhen hinaus, allein die tiefsten Stände lagen sechs Fufs unter denen der Ebbe. Das Fallen dauerte durchschnittlich 26 Minuten, das Steigen 10 Minuten [1]). Die Atmosphäre, so wie der Stand der meteorologischen Instrumente bot nichts Ungewöhnliches dar. Es herrschte Nordostwind.

Aehnliches trug sich zur selben Zeit auf den andern Inseln dieser Gruppe zu, namentlich auf *Maui* (*Mowee*) und *Hawaii* (*Owaihi*). Auf letzterer, in der *Byron's-Bay*, fiel das Wasser schnell um 1½ Fathoms, so dafs ein Theil des Hafens trocken gelegt wurde. Hunderte von Neugierigen sammelten sich am Ufer, um dieses ungewohnte Schauspiel zu sehen, als plötzlich eine ungeheure Welle, zwanzig Fufs höher als die Hochwassermarke, rasch heranrückte und mit einem donnerähnlichen Getöse sich weit über das Ufer ergofs, so dafs eine greuliche Zerstörung dadurch angerichtet wurde. — Nord- und ostwärts von den Sandwich-Inseln zeigte die See nichts Bemerkenswerthes; dagegen war der *Kiraueа* auf *Hawaii* sehr unruhig; seine Feuer erlöschten plötzlich, während sich anderswo neue Schlünde bildeten (Sill. *J. Vol.* 37 *p.* 358).

1) Dieselbe Erscheinung zeigte sich im J. 1819.

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.
Bd. I. ERGÄNZUNG. St. 4.

I. *Analyse der isochromatischen Curven und der Interferenz-Erscheinungen in combinirten einaxigen Kristallen;*

von Chr. Langberg in Christiania.

(Vom Verfasser gemachter Auszug aus einer im norwegischen *Magazin for Naturvidenskaberne* Bd. II ausführlich veröffentlichten Abhandlung.)

Wenn ein Lichtstrahl durch zwei über einander gelegte doppeltbrechende, von parallelen Flächen begränzte, Kristalle geht, so wird er im Allgemeinen in vier Strahlen getheilt, die, wenn sie nach ihrem Austritt auf eine gemeinsame Schwingungsebene zurückgeführt werden, mit einander zu interferiren fähig sind.

Es seyen, Fig. 4, Taf V $E_1 O e_1$ und $E_2 O e_2$ die Durchschnitte, welche der Hauptschnitt des ersten und zweiten Kristalls mit der Ebene der Figur bildet, und $P_1 O p_1$ die Projection der Schwingungsebene der polarisirten Einfallsstrahlen. Von den zwei Strahlen, in welche der Einfallsstrahl in dem ersten Kristall getheilt wird, schwingt nun, für kleine Einfallswinkel, der ungewöhnliche (Ie) im Hauptschnitt $E_1 O e_1$, der gewöhnliche (Io) in einer darauf senkrechten Ebene. Jeder von diesen Strahlen wird im zweiten Kristall ebenfalls getheilt, die ungewöhnlichen (Ioe und Iee) schwingen in dem Hauptschnitt $E_2 O e_2$, die gewöhnlichen (Ioo und Ieo) in der darauf senkrechten Ebene. Wenn die vom zweiten Kristall ausfahrenden Strahlen mit einander interferiren sollen, so müssen sie alle auf eine gleiche Schwingungsebene zurückgeführt werden; diese sey in $P_2 O p_2$ projicirt. Die Schwingungsebenen $P_1 O p_1$ und $P_2 O p_2$ der einfallenden und vom zweiten Kristall ausfahrenden Strah-

len bilden mit einander den Winkel α; der Hauptschnitt des ersten Kristalls bilde den Winkel φ mit der Schwingungsebene des analysirenden Turmalins oder Nichols; φ' sey der Winkel zwischen derselben Ebene und dem Hauptschnitt $E_2 O e_2$ des zweiten Kristalls; ψ der Winkel zwischen beiden Hauptschnitten. $\alpha+\varphi$ ist also der Winkel, den die Schwingungsebene der Einfallsstrahlen mit dem Hauptschnitt des ersten Kristalls bildet.

Bedeutet nun c die absolute Vibrations-Intensität der einfallenden Strahlen, oder die Geschwindigkeit, womit ein schwingendes Aethermolekul des einfallenden Lichtes durch seine Gleichgewichtslage geht, so läfst sich die Geschwindigkeit der Aethermoleküle im Augenblick des Eintritts im ersten Kristall durch die Formel $c \cdot \sin 2\pi g$ ausdrücken. Zerlegt man diese Geschwindigkeit nach dem Hauptschnitt $E_1 O e_1$ und senkrecht darauf, so hat man die Vibrationsintensität der ungewöhnlich und gewöhnlich gebrochenen Strahlen im ersten Kristall. Also ist

$$Ie = c \cdot \cos(\alpha+\varphi) \sin 2\pi g$$
$$Io = c \cdot \sin(\alpha+\varphi) \sin 2\pi (g+\vartheta),$$

wo ϑ die Zahl der Wellenlängen bedeutet, die der Weg des gewöhnlichen Strahls mehr als der des ungewöhnlichen enthält, oder der Gangunterschied beider Strahlen.

Nachdem nun die Strahlen den zweiten Kristall durchlaufen haben, hat man ebenso, wenn ϑ' den Gangunterschied beider Strahlen in diesem Kristall bedeutet,

$$Iee = \quad c \cdot \cos(\alpha+\varphi) \cos\psi \cdot \sin 2\pi g$$
$$Ieo = \quad c \cdot \cos(\alpha+\varphi) \sin\psi \cdot \sin 2\pi (g+\vartheta')$$
$$Ioo = \quad c \cdot \sin(\alpha+\varphi) \cos\psi \cdot \sin 2\pi (g+\vartheta+\vartheta')$$
$$Ioe = -c \cdot \sin(\alpha+\varphi) \sin\psi \cdot \sin 2\pi (g+\vartheta).$$

Von diesen Strahlen können nur diejenigen, deren Schwingungen parallel der Schwingungsebene $P_2 O p_2$ des analysirenden Nichols sind, durch diesen hindurch gehen, oder das Auge erreichen, also nur

$$(Iee+Ioe)\cos\varphi' \text{ und } (Ieo+Ioo)\sin\varphi'.$$

Die Oscillationsgeschwindigkeit der Strahlen, die das Auge erreichen, ist folglich

$$S = c[\sin 2\pi g \cos(\alpha+\varphi)\cos\psi$$
$$-\sin 2\pi(g+\vartheta)\sin(\alpha+\varphi)\sin\psi]\cos\varphi'$$
$$+c[\sin 2\pi(g+\vartheta')\cos(\alpha+\varphi)\sin\psi$$
$$+\sin 2\pi(g+\vartheta+\vartheta')\sin(\alpha+\varphi)\cos\psi]\sin\varphi',$$

oder $S = c[\cos(\alpha+\varphi)\cos\psi\cos\varphi'$

$$-\sin(\alpha+\varphi)\sin\psi\cos\varphi'\cos 2\pi\vartheta$$
$$+\cos(\alpha+\varphi)\sin\psi\sin\varphi'\cos 2\pi\vartheta'$$
$$+\sin(\alpha+\varphi)\cos\psi\sin\varphi'\cos 2\pi(\vartheta+\vartheta')]\sin 2\pi g$$
$$+c[\cos(\alpha+\varphi)\sin\psi\sin\varphi'\sin 2\pi\vartheta'$$
$$-\sin(\alpha+\varphi)\sin\psi\cos\varphi'\sin 2\pi\vartheta$$
$$+\sin(\alpha+\varphi)\cos\psi\sin\varphi'\sin 2\pi(\vartheta+\vartheta')]\cos 2\pi g.$$

Bezeichnet man den Faktor bei $\sin 2\pi g$ durch A, und den Faktor bei $\cos 2\pi g$ durch B, so ist

$$S = A\cdot\sin 2\pi g + B\cdot\cos 2\pi g.$$

Dieser Ausdruck kann auf folgende Form gebracht werden

$$S = \sqrt{A^2+B^2}\cdot\sin(2\pi g + G),$$

wo $\tang G = \frac{B}{A}$, und G constant ist für einen Strahl von bestimmter Undulationslänge oder Farbe. Da dieser Ausdruck ganz dieselbe Form hat, als der Ausdruck für die Geschwindigkeit der Aethermoleküle in den einfallenden Strahlen, so ist $\sqrt{A^2+B^2}$ die Oscillationsgeschwindigkeit der ausfahrenden Strahlen, nachdem alle auf eine gemeinsame Schwingungsebene $P_2 O p_2$ zurückgeführt sind, und das Quadrat hievon, oder A^2+B^2 drückt die Intensität des Lichtes, welches das Auge erreicht, aus.

Bezeichnet man diese Lichtintensität durch I^2, so findet man, nach vorgenommenen Reductionen

$$\text{(I.)}\quad\left\{\begin{aligned} I^2 = c^2[&\sin^2\psi[\sin^2(\alpha+\varphi)\cos^2\varphi' \\ &\quad+\cos^2(\alpha+\varphi)\sin^2\varphi']+ \\ &+\cos^2\psi[\sin^2(\alpha+\varphi)\sin^2\varphi' \\ &\quad+\cos^2(\alpha+\varphi)\cos^2\varphi']+ \\ &+\tfrac{1}{2}\sin 2\psi\sin 2\varphi'\cos^2(\alpha+\varphi) \\ &\quad-\sin^2(\alpha+\varphi)]\cos 2\pi\vartheta'+ \\ &+\tfrac{1}{2}\sin 2\psi\sin 2(\alpha+\varphi)[\sin^2\varphi' \\ &\quad-\cos^2\varphi']\cos 2\pi\vartheta+ \\ &+\tfrac{1}{2}\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'[\cos^2\psi\cos 2\pi(\vartheta+\vartheta') \\ &\quad-\sin^2\psi\cos 2\pi(\vartheta-\vartheta')]]. \end{aligned}\right.$$

Diese allgemeine Formel ist nun der Ausdruck für die Intensität der aus dem zweiten Kristall ausfahrenden Strahlen, die beide Kristalle in jeder Richtung durchlaufen haben, wenn man das durch Absorption und Reflexion verlorene Licht aufser Betracht setzt.

Ich werde nun diese allgemeine Formel auf einige specielle Fälle anwenden.

I.

Setzt man in der Formel (I.) $\psi=0$ oder $=180°$, d. h. fallen die Hauptschnitte beider Kristalle zusammen, so ist $\varphi=\varphi'$ oder $\varphi'=180°+\varphi$, also die Intensität

$$I^2=c^2[\sin^2(\alpha+\varphi)\sin^2\varphi'+\cos^2(\alpha+\varphi)\cos^2\varphi'+$$
$$+\tfrac{1}{2}\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'\cos 2\pi(\vartheta+\vartheta')],$$ oder
$$I^2=c^2[\cos^2\alpha-\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi\sin^2\pi(\vartheta+\vartheta')] \quad \text{(II.)}$$

Die Intensität ist also in diesem Falle, für einen bestimmten Werth von α und φ, allein abhängig von $\vartheta+\vartheta'$, oder der Summe der Gangunterschiede der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen in beiden Kristallen, und ist dieselbe, die man finden würde, wenn die Strahlen durch einen einzigen Kristall gingen, der den ausfahrenden Strahlen einen Phasenunterschied gäbe, gleich der Summe der Phasenunterschiede unserer beiden Kristalle.

Setzt man nämlich $\vartheta+\vartheta'=\frac{\theta}{\lambda}$, so läfst sich der obenstehende Ausdruck in folgende Form bringen

$$I^2=\frac{c^2}{2}\Big[1+\cos 2(\alpha+\varphi)\cos 2\varphi$$
$$+\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi\cos 2\pi\frac{\theta}{\lambda}\Big],$$

welcher Ausdruck identisch ist mit der bekannten Airyschen Formel, für die Intensität des Lichtes, das durch einen einzigen Kristall geht, wo der Gangunterschied $=\theta$.

1. Stehen die brechenden Flächen der beiden Kristalle senkrecht auf der optischen Axe, so ist für negative Kristalle

$$\vartheta = T \cdot \frac{B^2 - A^2}{2B} \sin^2 i,$$

wenn T die Dicke des Kristalls, i den Einfallswinkel, $\frac{1}{B}$ und $\frac{1}{A}$ die Brechungsexponenten der ungewöhnlichen und gewöhnlichen Strahlen bedeutet, in dem Fall, daſs die Brechungsebene senkrecht auf der Axe steht.

Hätten t, b und a dieselbe Bedeutung für den zweiten Kristall, wie T, B und A für den ersten, so ist

$$\vartheta' = t \frac{b^2 - a^2}{2b} = \sin^2 i$$

und

$$\vartheta + \vartheta' = \left(T \frac{B^2 - A^2}{2B} + t \frac{b^2 - a^2}{2b}\right) \sin^2 i = p \sin^2 i. \quad (1)$$

Die Intensität wird folglich nach (II)

$$I^2 = c^2 [\cos^2 \alpha - \sin 2(\alpha + \varphi) \sin 2\varphi \sin^2 (\pi p \sin^2 i)], \quad (2)$$

für $\alpha = 90^0$ wird

$$I^2 = c^2 \sin^2 2\varphi \sin^2 (\pi p \sin^2 i) \quad (3)$$

Man hat also die bekannte Erscheinung des schwarzen Kreuzes und der concentrischen dunklen und hellen Ringe (Taf. V Fig. 5).

Für die Halbmesser der dunklen Ringe findet man den Ausdruck

$$\frac{2nbB}{Tb(B^2 - A^2) + tB(b^2 - a^2)}, \quad (4)$$

wo n eine ganze Zahl ist.

Die Erscheinung für einen einzigen Kristall von der Dicke T findet man, wenn man $t = 0$ oder $a = b$ setzt. Die Halbmesser der dunklen Ringe sind für diesen Fall

$$\frac{2nB}{T(B^2 - A^2)}. \quad (5)$$

Combinirt man also zwei gleichnamige Kristalle, so ziehen sich die Ringe zusammen, oder die Durchmesser der Ringe sind kleiner für die combinirten Kristalle, als für jeden dieser Kristalle allein.

Ist der eine, z. B. der zweite Kristall, positiv, so

wechselt ϑ' das Zeichen, da $a > b$ wird. Der Ausdruck für die Intensität bei (3) bleibt unverändert, nur mit dem Unterschied, dafs p nun bedeutet

$$\frac{T(B^2-A^2)}{2B} - \frac{t(b^2-a^2)}{2b}.$$

Die Halbmesser der dunklen Ringe sind also in diesem Falle

$$\frac{2nbB}{Tb(B^2-A^2)-tB(b^2-a^2)}. \qquad (6)$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit der Formel (5), so sieht man, dafs die Ringe durch diese Combination sich ausdehnen, und dies *ceteris paribus* desto mehr, je gröfser die Dicke des zweiten Kristalls ist im Vergleich mit der des ersten. Ist t so grofs, dafs

$$\frac{T}{t} = \frac{B}{B^2-A^2} \cdot \frac{a^2-b^2}{b},$$

so sind die Ringe unendlich grofs, oder alle Ringe verschwinden. Man sieht leicht, dafs in diesem Falle jeder der combinirten Kristalle für sich Ringe von gleichem Durchmesser geben würde.

Wird t noch gröfser, so ziehen sich die Ringe wieder zusammen, und werden desto kleiner, je mehr t zunimmt, wenn T unverändert bleibt.

2. Sind die brechenden Flächen der Kristalle parallel der Axe, so ist [1]), unter Voraussetzung eines negativen Kristalles

$$\vartheta = T\left[\frac{B-A}{AB} + \frac{B-A}{2B}[B-(A+B)\sin^2\gamma]\sin^2 i\right], \quad (7)$$

wo T, A, B und i dieselbe Bedeutung wie vorher haben, und wo γ den Winkel bezeichnet, den die Projection des Einfallsstrahls auf die brechende Fläche des Kristalls mit einer auf der Projection des Hauptschnitts senkrechten Linie bildet.

1) Vgl. Radicke's Optik I S. 417. In der Originalabhandlung ist die von Müller (Pogg. Ann. XXXIII S. 291) gegebene, von der obenstehenden verschiedene, Formel angewandt, welches aber auf die Hauptresultate keinen Einflufs hat.

Haben für den zweiten Kristall t, a, b, i und γ dieselbe Bedeutung, so findet man für zwei negative Kristalle

$$\vartheta+\vartheta'=p+\tfrac{1}{2}(q-r\sin^2\gamma)\sin^2 i, \qquad (8)$$

wenn man setzt

$$p=T\frac{(B-A)}{AB}+t\frac{(b-a)}{ab}$$
$$q=T(B-A)+t(b-a)$$
$$r=T\frac{(B^2-A^2)}{B}+t\frac{(b^2-a^2)}{b}.$$

Setzt man den Ausdruck (8) in die Intensitätsformel (II), so wird die Intensität für einen gegebenen Werth von α und φ allein von $\vartheta+\vartheta'$ abhängig. Wenn man also, wegen der Kleinheit des Einfallswinkels, $\tang i$ mit $\sin i$ vertauscht, so kann man die Gleichung

$$\vartheta+\vartheta'=const, \text{ oder } C=p+\tfrac{1}{2}(q-r\sin^2\gamma)\sin^2 i \qquad (9)$$

für die Polargleichung der isochromatischen Curven annehmen.

Man findet auf diese Weise

$$\sin^2 i=\frac{2(C-p)}{q-r\cdot\sin^2\gamma}=\frac{M}{q-r\cdot\sin^2\gamma},$$

welcher Ausdruck, da p, q und r unter der angenommenen Voraussetzung dasselbe Zeichen haben, und $r>q$, die Gleichung einer Hyperbel ist, deren Halbaxen

$$\sqrt{\frac{M}{q}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{M}{r-q}}$$

sind, und deren Asymptotenwinkel, wenn man denselben $2V$ nennt, gegeben ist durch

$$\sin V=\sqrt{\frac{q}{r}}=\sqrt{\frac{Bb[T(B-A)+t(b-a)]}{Tb(B^2-A^2)+tB(b^2-a^2)}}. \qquad (10)$$

Die Intensitäts-Formel (II) wird in diesem Falle für $\alpha=90^0$

$$I^2=c^2\sin^2 2\varphi\sin^2\pi[p+\tfrac{1}{2}(q-r\sin^2\gamma)\sin^2 i].$$

Die Intensität wird sodann Null für jeden Einfallswinkel, wenn $\varphi=0=90^0=180^0$ oder $=270^0$, und sie hat ihr Maximum, wenn $\varphi=45^0=135^0=$ u. s. w.

Die Intensität wird ferner Null, wenn

$$p+\tfrac{1}{2}(q-r\sin^2\gamma)\sin^2 i$$

gleich einer ganzen Zahl n ist, wodurch mehrere dunkle hyperbolische Ringe angedeutet werden (Fig. 6), deren Abstand vom Centrum in der auf die Projection des Hauptschnitts senkrechten Richtung, wo $\gamma=0$, gegeben ist durch

$$\sin^2 i=\frac{2(n-p)}{q}=\frac{ABabn-Tab(B-A)-tAB(b-a)}{\tfrac{1}{2}ABab[T(B-A)+t(b-a)]}. \quad (11)$$

Wächst i zu $i+i'$, so kann man für kleine Einfallswinkel ohne bedeutenden Fehler annehmen, daſs $\sin^2 i$ zu $\sin^2 i+\sin^2 i'$ wächst. Soll, für diesen Zuwachs von i, $\vartheta+\vartheta'$ um eine Einheit zunehmen, d. h. geht man von einer dunklen Stelle der Hyperbelaxe, wo $\gamma=0$, zu der nächsten, wo die Intensität gleichfalls Null ist, über, so muſs, weil $\gamma=0$ ist, zufolge der Gleichung (9) $\tfrac{1}{2}q\sin^2 i'=1$ seyn, oder $\sin i'=\sqrt{\frac{2}{q}}$, also

$$i'=Arc\left(\sin=\sqrt{\frac{2}{q}}\right), \quad (12)$$

welchen Ausdruck man annäherungsweise für den Gesichtswinkel, worunter sich der Abstand der innersten Ringe zeigt, annehmen kann, oder als die Breite des innersten Ringes, wenn p eine ganze Zahl, und folglich die Mitte des Gesichtsfeldes ganz dunkel ist.

Auf dieselbe Weise findet man für die Halbmesser der dunklen Ringe in der Projection des Hauptschnitts

$$\sin^2 i=\frac{2(p-n)}{r-q}.$$

Bezeichnet man den Gesichtswinkel, worunter sich auf diese Axe, wo $\gamma=90^\circ$, die Breite der innersten Ringe für kleine Einfallswinkel zeigt, durch i'_{90}, so hat man

$$i'_{90}=Arc\left(\sin=\sqrt{\frac{2}{r-q}}\right). \quad (13)$$

Setzt man in den angeführten Formeln $t=0$ oder $a=b$, so hat man die Erscheinung eines einzigen Kri-

stalles von der Dicke T. Der Asymptotenwinkel $2V$ wird bestimmt durch

$$\sin V = \sqrt{\frac{B}{A+B}},$$

und ist folglich von der Dicke des Kristalls unabhängig. Die Formeln (12) und (13) werden für einen einzigen Kristall

$$\left.\begin{aligned} i'_0 &= Arc \cdot \left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)}}\right) \\ i'_{90} &= Arc \cdot \left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)\frac{A}{B}}}\right) \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

für zwei combinirte Kristalle hat man gefunden

$$\left.\begin{aligned} i'_0 &= Arc \cdot \left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)+t(b-a)}}\right) \\ i'_{90} &= Arc \cdot \left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)\frac{A}{B}+t(b-a)\frac{a}{b}}}\right) \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Man sieht, dafs auch bei parallel der Axe geschliffenen Kristallen die Ringe sich durch Combination zweier gleichnamiger Kristallplatten zusammenziehen.

3. Ist der eine von den combinirten Kristallen, z. B. der zweite, positiv, so findet man, wenn $a > b$, und man setzt

$$p = \frac{Tab(B-A) - tAB(a-b)}{ABab}$$

$$q = T(B-A) - t(a-b)$$

$$r = T\frac{B^2-A^2}{B} - t\frac{a^2-b^2}{b},$$

wie oben

$$\vartheta + \vartheta' = p + \tfrac{1}{2}(q - r\sin^2\gamma)\sin^2 i. \quad (16)$$

Setzt man nun $\vartheta + \vartheta'$ gleich einer Constante, so ist diese die Gleichung der isochromatischen Curven.

So lange nun q und r gleiches Zeichen haben, und $r > q$, ist dieser Ausdruck die Polargleichung einer Hy-

perbel. Der Winkel V, den die Asymptoten mit der Axe der Polarcoordinaten bilden, wird bestimmt durch

$$\sin V = \sqrt{\frac{q}{r}} = \sqrt{\frac{n(B-A)-(a-b)}{n\left(\frac{B^2-A^2}{B}\right)-\left(\frac{a^2-b^2}{b}\right)}}, \quad (17)$$

wenn man $T = nt$ setzt.

Man findet ferner

$$\left.\begin{aligned} i'_0 &= Arc\left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)-t(a-b)}}\right) \\ i'_{90} &= Arc\left(\sin = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{T(B-A)\frac{A}{B}-t(a-b)\frac{a}{b}}}\right) \end{aligned}\right\} (18)$$

Vergleicht man diese zwei Ausdrücke mit den Gleichungen (14), so sieht man, dafs sich die Ringe durch Combination zweier ungleichnamiger Kristalle ausdehnen.

a) Ist der negative Kristall sehr dick in Vergleich mit dem positiven, so nähert sich der Ausdruck (10) seinem Gränzwerth

$$\frac{\sqrt{B}}{\sqrt{A+B}}.$$

Geht man von diesem Werthe aus, und combinirt den negativen Kristall mit positiven Kristallen von mehr und mehr abnehmender Dicke, so wächst V bis $q = r$, oder

$$n = \frac{a-b}{B-A} \cdot \frac{aB}{Ab}, \quad (19)$$

da V gleich einem Rechten wird. Der Asymptotenwinkel $2V$ wächst also bis zu dieser Gränze, und zu gleicher Zeit dehnen sich die Ringe aus, da q und $r-q$ zugleich mit n abnehmen.

b) Ist $r = q$, so wird

$$i'_0 = Arc\left(\sin = \frac{\sqrt{2Ab}}{\sqrt{t(a-b)[Ba-Ab]}}\right); \quad i'_{90} = \infty.$$

Die Gleichung der isochromatischen Curven wird nun, $2(c-p) = M$ gesetzt,

$$\sin^2 i = \frac{M}{q \cos^2 \gamma}.$$

Die Hyperbeln verwandeln sich also in ein System von geraden Linien, parallel der optischen Axe.

Zufolge (19) wird

$$T(B-A)\frac{A}{B} = t(a-b)\frac{a}{b}.$$

Vergleicht man hiemit den Ausdruck (14), so sieht man, dafs dieser Fall eintritt, wenn die Ringbreite der in jedem Kristall für sich hervorgebrachten Hyperbeln in den vom Hauptschnitt halbirten Asymptotenwinkeln gleich grofs ist.

c) Wird n noch kleiner, so ist $r < q$, und die Gleichung (16) ist dann die einer Ellipse, deren grofse Axe parallel der optischen Axe ist. Nennt man die gröfste Halbaxe a, die kleinste b, so hat man für kleine Einfallswinkel

$$a = Arc\left(\sin = \sqrt{\frac{M}{q-r}}\right), \quad b = Arc\left(\sin = \sqrt{\frac{M}{q}}\right).$$

d) Je kleiner r wird, je mehr nähert sich das Axenverhältnifs der Einheit; ist $r = 0$, so wird $\frac{a}{b} = 1$, und die Gleichung (16) reducirt sich auf

$$\sin^2 i = \frac{M}{q},$$

die Gleichung eines Kreises.

e) Nimmt n noch mehr ab, so wird r negativ; ist nun q positiv, so ist (16) die Gleichung einer Ellipse, deren grofse Axe senkrecht auf dem Hauptschnitt ist; man findet wie oben

$$a = Arc\left(\sin = \sqrt{\frac{M}{q}}\right), \quad b = Arc\left(\sin = \sqrt{\frac{M}{r+q}}\right).$$

f) Je mehr q abnimmt, je mehr dehnen sich die Ellipsen in der Länge aus bis $q = 0$; die kleine Axe ist ist dann $Arc\left(\sin = \sqrt{\frac{M}{r}}\right)$, die grofse Axe unendlich

und die Ellipsen verwandeln sich in ein System von parallelen geraden Linien, die senkrecht auf der Projection des Hauptschnitts stehen. Da in diesem Falle

$$T(B-A)=t(a-b),$$

so wird jeder Kristall für sich Hyperbeln geben, welche in den Asymptotenwinkeln, die von der auf dem Hauptschnitt senkrechten Axe halbirt werden, gleiche Breite haben.

g) Wird n noch kleiner, so werden q und r beide negativ; die parallelen geraden Linien fangen dann wieder an, sich zu Hyperbeln auszubiegen, deren Asymptotenwinkel immer gröſser wird, und sich dem Gränzwerthe

$$2\,Arc\left(\sin=\sqrt{\frac{b}{a+b}}\right)$$

nähert, wenn n bis Null abnimmt. Da dieser Bogen stets kleiner als 90^0 ist, so kann der Asymptotenwinkel $2V$ nie ein Rechter werden.

4. Sind die brechenden Flächen der beiden Kristalle unter einem Winkel von 45^0 gegen die Axe geschnitten, so findet man für ϑ einen Ausdruck von der Form [1])

$$\vartheta=T[m\sin^2\gamma\sin^2 i+n\cos^2\gamma\sin^2 i+q\sin\gamma\sin i-r] \quad (20)$$

wenn man die höheren Potenzen von $\sin i$ unberücksichtigt läſst. Setzt man nun ϑ constant, so hat man für die Gleichung der isochromatischen Curven, wenn die Hauptschnitte parallel sind, und man auch die zweite Potenz von $\sin i$, wegen der Kleinheit des Einfallswinkels, fortläſst, annäherungsweise, (für positive Kristalle)

$$\vartheta+\vartheta'=(Tq+tq')\sin\gamma\sin i-(Tr+tr')=C \quad (21)$$

wo $q=\frac{A^2-B^2}{A^2+B^2}$ und $r=\sqrt{\frac{2}{A+B}}-\frac{1}{A}$ ist, und wo t, q' und r' für den zweiten Kristall dasselbe bedeuten, was T, q und r für den Ersten sind.

Die Gleichung (21) ist, wie man sieht, die einer

1) Pogg. Ann. XXXV S. 100, und Radicke's Optik I, S. 425.

geraden auf dem Hauptschnitt senkrechten Linie. Auf gleiche Weise wie oben findet man für die Breite je zwei auf einander folgender dunkler Linien, wenn man $\gamma=90^\circ$ setzt,

$$sin\, i' = \frac{1}{Tq+tq'} = \frac{1}{T\frac{A^2-B^2}{A^2+B^2}+t\frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}} \quad (22)$$

Als letztes Beispiel von der Anwendung der Intensitätsformel (II) wollen wir den Fall betrachten, dafs die Hauptschnitte der beiden wie oben geschnittenen Kristalle 180° mit einander bilden, und der Kürze willen annehmen, dafs beide combinirte Kristallplatten Stücke von demselben Kristall sind. Für den zweiten Kristall findet man ϑ', wenn man in der Formel (20) $\gamma+180^\circ$ für γ setzt, folglich ist

$$\vartheta' = t[m\, sin^2\gamma\, sin^2 i + n\, cos^2\gamma\, sin^2 i - q\, sin\gamma\, sin\, i - r]$$

und

$$\vartheta+\vartheta' = m(T+t)sin^2\gamma\, sin^2 i + n(T+t)cos^2\gamma\, sin^2 i$$
$$-q(T-t)sin\gamma\, sin\, i - r(T+t) = k.$$

Diese Gleichung zeigt, dafs die isochromatischen Curven Ellipsen sind, deren Centrum im Hauptschnitt liegt, auf der Seite, wo die Projection des vom Auge abgewandten Endes der optischen Axe des dicksten Kristalls fällt [1]), und in einer Entfernung vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes, die desto gröfser ist, je gröfser der Unterschied der Dicke beider Kristalle. Sind beide Platten gleich dick, so findet man

$$sin^2 i = \frac{k+r}{m\, sin^2\gamma + n\, cos^2\gamma},$$

welcher Ausdruck, da m und n gleiches Zeichen haben, eine Ellipse vorstellt, deren Centrum im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes liegt. Ist $n>m$, so liegt die grofse Axe der Ellipse im Hauptschnitte; wenn dagegen $n<m$ ist, so hat die kleine Axe diese Lage.

1) Weil $sin\gamma$ auf der Seite der auf dem Hauptschnitte senkrechten Linie positiv wird, wo das dem Auge zugewandte Ende der Axe projicirt ist.

II.

Setzt man in der allgemeinen Intensitätsformel (I) $\psi = 90^0$ oder 270^0, also $\varphi' = \varphi \pm 90^0$, so findet man

$$I^2 = c^2[\sin^2(\alpha+\varphi)\cos^2\varphi' + \cos^2(\alpha+\varphi)\sin^2\varphi'$$
$$-2\sin(\alpha+\varphi)\cos(\alpha+\varphi)\sin\varphi'\cos\varphi'$$
$$+2\sin(\alpha+\varphi)\cos(\alpha+\varphi)\sin\varphi'\cos\varphi'$$
$$+\tfrac{1}{2}\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi\cos 2\pi(\vartheta-\vartheta')]$$
$$= c^2[\cos^2\alpha - \tfrac{1}{2}\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi(1-\cos 2\pi(\vartheta-\vartheta'))],$$

oder

$$I^2 = c^2[\cos^2\alpha - \sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi\sin^2\pi(\vartheta-\vartheta')]. \quad \text{(III)}$$

Ist $\alpha = \varphi = 45^0$, so wird die Intensität von ϑ und ϑ' unabhängig, weil das letzte Glied in (III) Null wird; die Curven verschwinden also, und die Intensität ist für jeden Einfallswinkel constant, und gleich der halben Intensität der Einfallsstrahlen. Uebrigens wird hier, wie im oben betrachteten Falle, die Form der Curven dieselbe für jeden Werth von α und φ; nur die relative Intensität der dunklen und hellen Stellen, und die Lage des ganzen Curvensystems wird verändert.

1. Die brechenden Flächen beider Kristalle seyen der Axe parallel.

Für zwei negative Kristalle hat man wie oben

$$\vartheta = T\left(\frac{B-A}{AB} + \frac{B-A}{2B}[B-(A+B)\sin^2\gamma]\sin^2 i\right).$$

Da der Hauptschnitt des zweiten Kristalls $\pm 90^0$ mit dem des ersten bildet, so findet man ϑ', wenn man in diesem Ausdrucke $\gamma \mp 90^0$ für γ setzt, oder $\mp\cos\gamma$ für $\sin\gamma$. Man findet also

$$\vartheta' = t\frac{b-a}{ab} + \frac{t}{2b}(b-a)[b-(a+b)\cos^2\gamma]\sin^2 i$$

und

$$\vartheta - \vartheta' = p + \tfrac{1}{2}(q - r\sin^2\gamma)\sin^2 i, \quad (23)$$

wenn man setzt

$$\left.\begin{aligned} p &= \frac{Tab(B-A)-tAB(b-a)}{ABab} \\ q &= T(B-A)+t(b-a)\frac{a}{b} \\ r &= T\frac{B^2-A^2}{B}+t\frac{(b^2-a^2)}{b} \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Setzt man unn $\vartheta-\vartheta'$ constant $=C$, so ist

$$sin^2 i = \frac{2(C-p)}{q-r\,sin^2\gamma}. \quad (25)$$

Da $r-q=T(B-A)\frac{A}{B}+t(b-a)$, welches eine positive Gröfse ist, so ist $r>q$, und die Gleichung (25) drückt immer eine Hyperbel aus, deren Halbaxen sind

$$\sqrt{\frac{2(C-p)}{q}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{2(C-p)}{r-q}},$$

Der Asymptotenwinkel $2V$ wird gegeben durch

$$sin\,V = \sqrt{\frac{q}{r}} = \sqrt{B}\sqrt{\frac{Tb(B-A)+ta(b-a)}{Tb(B^2-A^2)+tB(b^2-a^2)}}. \quad (26)$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit dem Ausdruck bei (10), so sieht man, dafs dieser Winkel für negative Kristalle kleiner, da $b>a$, für positive gröfser ist, da $b<a$, wenn die Hauptschnitte auf einander senkrecht, als wenn sie parallel sind. Der Asymptotenwinkel nähert sich also in beiden Fällen einem Rechten.

Sind beide Platten gleich dick, so wird $2V$ von der Dicke unabhängig und gleich 90°.

Für die Ringbreite im Hauptschnitt des ersten Kristalls und senkrecht darauf findet man annäherungsweise

$$sin^2 i'_0 = \frac{2b}{Tb(B-A)+ta(b-a)},$$

$$sin^2 i'_{90} = \frac{2b}{TA(B-A)+tB(b-a)}.$$

Vergleicht man hiemit die Ausdrücke (15), so sieht man, dafs die Ringbreite für negative Kristalle in dem Hauptschnitte *gröfser*, und senkrecht darauf *kleiner* sind, wenn die optischen Axen auf einander senkrecht, als

wenn sie parallel sind. Für positive Kristalle findet das Umgekehrte statt. Läſst man also den Winkel zwischen den Hauptschnitten zunehmen von 0 bis 90°, so werden sich für negative Kristalle die Ringe in den vom Hauptschnitte halbirten Asymptotenwinkeln zusammenziehen, und sich in den anderen zwei Winkeln ausdehnen. Für positive Kristalle verhält es sich umgekehrt.

Ist der zweite Kristall positiv, so verwandeln sich die Ausdrücke (24) in

$$p = \frac{Tab(B-A) + tab(a-b)}{ABab}$$

$$q = T(B-A) - t(a-b)\frac{a}{b}$$

$$r = T\frac{B^2-A^2}{B} - t\frac{a^2-b^2}{b},$$

und die Polargleichung der isochromatischen Curven wird wie oben

$$p + \tfrac{1}{2}(q - r\sin^2\gamma)\sin^2 i = C.$$

So lange T sehr groſs ist im Vergleich mit t, sind r und q positiv, und die Curven sind dann Hyperbeln. Nimmt $\frac{T}{t}$ oder n ab, so werden die Curvensysteme ganz dieselbe Veränderungen, wie die oben für parallele Hauptschnitte beschriebenen, durchlaufen. Vergleicht man die obenstehenden Werthe vnn p, q und r mit den Werthen (16) des vorigen Falles, so sieht man, daſs r unverändert ist, p und q dagegen einen von den früheren verschiedenen Werth haben; ist der erste Kristall, wie hier vorausgesetzt, negativ, so wird q kleiner für senkrechte wie für parallele Hauptschnitte. Ist der erste Kristall positiv, der zweite negativ, so findet das Umgekehrte statt. Der Uebergang der Curven von Hyperbeln zu Ellipsen, von diesen zu geraden Linien u. s. w. wird also nicht bei denselben Werthen von n stattfinden, wenn die Hauptschnitte auf einander senkrecht und wenn sie parallel sind. Nur für den Fall, daſs die Curven

Kreise

Kreise sind, welches für $r=0$ eintrifft, werden sie in beiden Lagen der Hauptschnitte dieselbe Form behalten, da r in beiden Fällen denselben Werth hat. — Hat also n einen solchen Werth, daſs das Curvensystem für parallele Hauptschnitte gerade Linien parallel der optischen Axe des ersten Kristalls, also $r=q$, oder senkrecht darauf ($q=0$) sind, so werden sie, wenn man den einen Kristall um 90° dreht, sich in beiden Fällen zu Hyperbeln ausbiegen. Ist dagegen die Dicke der Kristalle eine solche, daſs man für senkrechte Hauptschnitte ein System von geraden Linien sieht, so werden diese, wenn man die optischen Axen zusammenfallen läſst, sich zu Ellipsen zusammenbiegen.

Die Gränze, welcher sich der Sinus des halben Asymptotenwinkels V nähert, wenn n immer zunimmt, ist $\sqrt{\frac{B}{A+B}}$, oder derselbe Werth, den der erste Kristall für sich allein giebt. Wenn n dagegen abnimmt, nähert sich $\sin V$ dem Gränzwerth $\sqrt{\frac{a}{a+b}}$. Da nun für positive Kristalle $a>b$, so wird dieser Gränzwerth gröſser wie der Asymptotenwinkel des zweiten Kristalls für sich allein, und da $\frac{a}{a+b}$ gröſser als $\frac{1}{2}$ ist, so ist dieser Gränzwerth gröſser als 45°, folglich der Asymptotenwinkel $2V>90°$.

Den Werth von n, für welchen der Asymptotenwinkel $2V$ ein Rechter wird, findet man aus der Gleichung $r=2q$, wonach

$$n=\left(\frac{a-b}{B-A}\right)^2\frac{B}{b},$$

und die Curven werden in diesem Falle gleichseitige Hyperbeln.

2. Sind die optischen Axen beider Kristalle unter 45° gegen die brechenden Flächen geneigt, so findet man

wenn man die zweite und höheren Potenzen von sin i unberücksichtigt läfst, nach (20) und (21), weil

$$q=\frac{A^2-B^2}{A^2+B^2} \text{ und } r=\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{A^2+B^2}}-\frac{1}{A} \text{ ist,}$$

$$\vartheta-\vartheta'=C=\left[T\frac{A^2-B^2}{A^2+B^2}\sin\gamma\pm t\frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}\cos\gamma\right]\sin i+$$

$$+T\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{A^2+B^2}}-\frac{1}{A}\right)-t\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{a^2+b^2}}-\frac{1}{a}\right) \quad (27)$$

welcher Ausdruck, wie man leicht sieht, die Polargleichung einer geraden Linie ist, welche mit der Axe der Polarcoordinaten einen Winkel V bildet, dessen Tangente bestimmt wird durch

$$\operatorname{tang} V=\mp\frac{t}{T}\cdot\frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}\cdot\frac{A^2+B^2}{A^2-B^2}, \quad (28)$$

wo das obere Zeichen gilt, wenn die Projection der Axe des zweiten Kristalls $+90^0$, das untere, wenn sie -90^0 mit der Projection der Axe des Ersten bildet. Das System von geraden isochromatischen Linien liegt also immer in dem Winkel, den die Projectionen der gleichgewandten (beide dem Auge zu- oder von dem Auge abgewandten) Enden der optischen Axen mit einander bilden.

Ist $B=b$, $A=a$, so wird

$$\operatorname{tang} V=\mp\frac{t}{T}.$$

Die Linien bilden also einen kleineren Winkel mit dem Hauptschnitt des dünneren, als mit dem des dickeren Kristalls.

III.

Setzt man in der allgemeinen Intensitäts-Formel (I) $\psi=\pm45^0$, also $\varphi'=\varphi\pm45^0$; oder setzt man $\psi=\mp135^0$, macht man ferner, um die Formeln nicht zu viel zu compliciren, $\alpha=90^0$, so findet man

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1-\cos^2\varphi\cos 2\pi\vartheta' - \sin^2 2\varphi\cos 2\pi\vartheta$$
$$\pm\sin 2\varphi\cos 2\varphi\sin 2\pi\vartheta\sin 2\pi\vartheta'] \qquad (29)$$

Für $\alpha=0$ erhält man den complementaren Ausdruck.

Macht man nun $\varphi=0$ oder $=90^0$ u. s. w., so wird

$$I^2 = \frac{c^2}{2}(1-\cos 2\pi\vartheta'),$$

ist dagegen $\varphi=45^0=135^0=225^0=315^0$, so wird

$$I^2 = \frac{c^2}{2}(1-\cos 2\pi\vartheta).$$

Im ersten Falle ist also die Intensität dieselbe, als wenn das Licht durch den zweiten Kristall, und im zweiten Fall, als wenn es durch den ersten Kristall allein gegangen wäre; oder im ersten Fall sieht man nur das Curvensystem des zweiten Kristalls, im zweiten Fall nur das des ersten.

Setzt man in der Intensitätsformel (I) $\psi=\pm45^0$ oder $=\pm135^0$, und $\alpha=45^0$, so findet man

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1-\cos 2\varphi\sin 2\varphi(\cos 2\pi\vartheta-\cos 2\pi\vartheta')$$
$$\mp\cos^2 2\varphi\sin 2\pi\vartheta\sin 2\pi\vartheta'] \qquad (30)$$

und für $\alpha=-45^0$

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1+\cos 2\varphi\sin 2\varphi(\cos 2\pi\vartheta-\cos 2\pi\vartheta')$$
$$\pm\cos^2 2\varphi\sin 2\pi\vartheta\sin 2\pi\vartheta'] \qquad (31)$$

welcher Ausdruck den vorigen zu c^2 ergänzt; die Intensitäten (30) und (31) sind daher complementar.

Setzt man in (30) $\varphi=45^0=135^0$ u. s. w., so wird

$$I^2 = \frac{c^2}{2}.$$

Die Intensität ist also für jeden Einfallswinkel constant, und gleich der halben Intensität des Einfallslichtes. In diesem Falle werden also keine Curven sichtbar.

Macht man $\varphi=0$ oder $=90^0$ u. s. w., so ist für $\psi=+45^0$

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1 - \sin 2\pi\vartheta \sin 2\pi\vartheta'] \quad (32)$$

und für $\psi = -45°$

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1 + \sin 2\pi\vartheta \sin 2\pi\vartheta']. \quad (33)$$

Die Intensitäten sind also complementar. Für

$$\psi = +45°$$

sieht man in zwei gleich dicken Platten von Bergkristall, die unter 45° gegen die Axe geschnitten sind, das Fig. 17 Taf. V abgebildete Curvensystem, wenn man homogenes Licht anwendet.

Wir werden als Beispiel von der Anwendung der Formeln (32) und (33) diesen Fall nehmen, und untersuchen, wie das Bild Fig. 17 Taf. V nach diesen Formeln construirt werden kann.

Die Intensität wird nach (32) ein Minimum und gleich Null, wenn $\sin 2\pi\vartheta \sin 2\pi\vartheta = 1$, also entweder

a) $\sin 2\pi\vartheta = 1$ und $\sin 2\pi\vartheta' = 1$ oder

b) $\sin 2\pi\vartheta = -1$ und $\sin 2\pi\vartheta' = -1$.

Sie wird dagegen ein Maximum und gleich c^2, wenn $\sin 2\pi\vartheta \sin 2\pi\vartheta' = -1$, also entweder

a') $\sin 2\pi\vartheta = -1$ und $\sin 2\pi\vartheta' = +1$, oder

b') $\sin 2\pi\vartheta = +1$ und $\sin 2\pi\vartheta' = -1$.

Die Stellen, wo die Intensität ein absolutes Maximum oder Minimum ist, sind also nicht in diesem, wie in allen bisher untersuchten Fällen, zusammenhängende Curven, sondern isolirte Punkte, die auf den Schneidungspunkten der Curven liegen, die durch die Gleichungen

$$\vartheta = k \quad \text{und} \quad \vartheta' = k'$$

bestimmt werden, wenn man für die Constanten k und k' successiv die durch die Gleichungen a, b, a' und b' bestimmten Werthe setzt.

In unserem Falle ist nun

$$\vartheta = q \sin\gamma \sin - r, \quad (34)$$

und

$$\vartheta' = q \sin(\gamma - 45°) \sin i - r, \quad (35)$$

wenn man die zweiten und höheren Potenzen von $\sin i$

vernachlässigt, und q und r dieselbe Bedeutung wie oben haben, die Dicke T der Kürze willen $=1$ gesetzt. Da die Gleichungen (34) und (35) zwei gerade Linien ausdrücken, von welchen die eine auf dem Hauptschnitte des ersten, die andere auf dem des zweiten Kristalls senkrecht steht, so sieht man leicht, daſs die Stellen, wo die Intensität Null oder c^2 ist, auf graden Linien liegen, die parallel mit und senkrecht auf der Linie sind, die den von beiden Hauptschnitten eingeschlossenen Winkel halbirt. Da sodann das Bild in Bezug auf diese Linien symmetrisch ist, so wollen wir, um die Formeln zu vereinfachen, die auf dieser Halbirungslinie Senkrechte zur Axe der Polarcoordinaten wählen. Dieses geschieht leicht, wenn man überall $\gamma+22\frac{1}{2}{}^\circ$ für γ setzt. Macht man diese Substitution, so findet man aus (34) und (35)

$$\left.\begin{aligned} \vartheta &= q \sin i \sin(\gamma+22\tfrac{1}{2}{}^\circ)-r \\ \vartheta' &= q \sin i \sin(\gamma-22\tfrac{1}{2}{}^\circ)-r \\ \vartheta-\vartheta' &= 2q \sin 22\tfrac{1}{2}{}^\circ \sin i \cos\gamma \\ \vartheta+\vartheta' &= 2q \cos 22\tfrac{1}{2}{}^\circ \sin i \sin\gamma-2r. \end{aligned}\right\} \quad (36)$$

oder wenn man rechtwinkliche Coordinaten einführt, und $\cos\gamma \sin i = x$, $\sin\gamma \sin i = y$ setzt, so erhält man

$$\left.\begin{aligned} \vartheta &= q \cos 22\tfrac{1}{2}{}^\circ(y+\tang 22\tfrac{1}{2}{}^\circ x)-r \\ \vartheta' &= q \cos 22\tfrac{1}{2}{}^\circ(y-\tang 22\tfrac{1}{2}{}^\circ x)-r \\ \vartheta-\vartheta' &= 2q \sin 22\tfrac{1}{2}{}^\circ x \\ \vartheta+\vartheta' &= 2q \cos 22\tfrac{1}{2}{}^\circ y-2r. \end{aligned}\right\} \quad (37)$$

Setzt man diese Werthe in die Gleichung (32), die man auch so schreiben kann:

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1-\tfrac{1}{2}\cos 2\pi(\vartheta-\vartheta')+\tfrac{1}{2}\cos 2\pi(\vartheta+\vartheta')] \quad (38)$$

so findet man

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1-\tfrac{1}{2}\cos(4\pi q \sin 22\tfrac{1}{2}{}^\circ x) \\ +\tfrac{1}{2}\cos(4\pi q \cos 22\tfrac{1}{2}{}^\circ y-r)]. \quad (39)$$

Differentiirt man diese Gleichung auf x, und setzt das Differenzial gleich Null, so erhält man

$$x = \frac{\pm n}{4q \sin 22\frac{1}{2}^0} \quad (40)$$

wo n jede ganze Zahl oder Null ist. Wenn n eine gerade Zahl ist, so wird durch diese Gleichung ein Minimum, und wenn n eine ungerade Zahl ist, ein Maximum der Intensität angedeutet. Da dieser Werth von x unabhängig von y ist, so liegen also alle diese Maxima oder Minima auf geraden Linien parallel der Axe y. Da ferner n von einer solchen Linie, wo die Intensität, z. B. ein Minimum ist, zu der nächsten um 2 wächst, so ist die Entfernung dieser Linien von einander gleich

$$\frac{1}{2q \cdot \sin 22\frac{1}{2}^0} = \frac{1}{0{,}765q}.$$

Setzt man das Differenzial der Gleichung (39) in Bezug auf y gleich Null, so erhält man

$$y = \frac{4r \pm n}{4{,}q{,}\cos 22\frac{1}{2}^0}; \quad (41)$$

welche Gleichung, wenn n eine gerade Zahl ist, ein Maximum, und wenn n eine ungerade Zahl, ein Minimum ausdrückt; da sie von x unabhängig ist, so sieht man, daſs diese Maxima und Minima für jeden Werth von x dieselbe Entfernung von der Abscissenaxe haben, folglich auf geraden, mit dieser Axe parallelen Linien liegen.

Auf gleiche Weise wie oben findet man, daſs ihre Entfernung von einander gleich ist

$$\frac{1}{2q \cdot \cos 22\frac{1}{2}^0} = \frac{1}{1{,}848q}.$$

Alle Maxima oder Minima liegen also auf Linien, die parallel mit und senkrecht auf der Abscissenaxe sind, oder zufolge (38) und (39) auf Linien die bestimmt werden durch

$$\vartheta - \vartheta' = const = \pm \frac{2n}{2} \text{ (für Minima)}$$

und

$$= \pm \frac{2n+1}{2} \text{ (für Maxima)}$$

$$\vartheta + \vartheta' = const = \pm \frac{2n+1}{2} \text{ (für Minima)}$$

und $$= \pm \frac{2n}{2} \text{ (für Maxima).}$$

Substituirt man in der Gleichung (38) diese Werthe von x und y, so findet man für die Intensität auf den Linien, die alle Maxima oder Minima verbindet, parallel der Axe y, wo $\vartheta - \vartheta' = \frac{n}{2}$ ist,

$$I^2 = \frac{c^2}{2}[1 \pm \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2} cos\, 2\pi(\vartheta + \vartheta')]$$

$$= \frac{c^2}{2}[1 \pm \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2} cos\, 4\pi(q\, cos\, 22\tfrac{1}{2}{}^0 y - r)],$$

und auf den auf dieser senkrechten Linien, oder parallel der Axe x, wo $\vartheta + \vartheta' = \frac{n}{2}$ ist

$$I^2 = \frac{c^2}{2} 1 \pm \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2} cos\, 2\pi(\vartheta - \vartheta')]$$

$$= \frac{c^2}{2}[1 + \pm \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2} cos\, (4\pi q\, sin\, 22\tfrac{1}{2}{}^0 x)],$$

wo die oberen Zeichen für die helleren, die unteren für die dunkleren Linien angewandt werden müssen.

Man sieht, dafs die Intensität in beiden Fällen, für die Ersteren zwischen den Gränzen c^2 und $\frac{1}{2}c^2$, und für die Letzteren zwischen den Gränzen $\frac{1}{2}c^2$ und Null liegt.

Die Entfernung der durch die Gleichung $\vartheta - \vartheta' = \frac{n}{2}$ bestimmten dunklen oder hellen Linien von einander ist, nach dem oben Angeführten, gleich

$$Arc\left(sin = \frac{1}{0{,}765\, q}\right);$$

vergleicht man diese Entfernung mit der, die für parallele oder senkrechte Hauptschnitte stattfindet, so sieht man, dafs sie gröfser als diese beide ist, und zwar ungefähr das Doppelte von der Entfernung im Falle senkrechter Hauptschnitte. Früher habe ich nämlich gezeigt,

dafs diese Entfernung für senkrechte Hauptschnitte

$$(\psi=90^\circ)=Arc\left(sin=\frac{1}{1{,}414q}\right),$$

und für parallele Hauptschnitte

$$(\psi=0)=Arc\left(sin=\frac{1}{2q}\right).$$

Für die durch die Gleichung $\vartheta+\vartheta'=\frac{n}{2}$ bestimmten Linien der Maxima oder Minima, ist diese Entfernung

$$=Arc\left(sin=\frac{1}{1{,}848\,q}\right),$$

folglich ungefähr 2,4mal kleiner als der gegenseitige Abstand der Linien in dem anderen auf diesem senkrechten Liniensystem, ungefähr 1,3mal kleiner als für die dunklen Linien, die man für $\psi=90^\circ$ sieht, und 1,08mal gröfser als wenn $\psi=0$ ist.

Da die Bilder nach den Formeln (32) und (33) complementar sind, wenn α denselben Werth ($+45^\circ$ oder -45°) hat, nachdem $\psi=+45^\circ$ und $180^\circ+45^\circ$ oder $\psi=-45^\circ$ und $180^\circ-45^\circ$; da ferner für einen constanten Werth von ψ die Bilder sich ergänzen, wenn α von $+45^\circ$ zu -45° übergeht, so wird dasselbe Bild unter vier verschiedenen Stellungen der combinirten Kristalle und des polarisirenden Nichols hervorgebracht werden.

Setzt man in der Intensitätsformel (29)

$$\varphi=2n\frac{\pi}{4}+22\tfrac{1}{2}{}^\circ,$$

wo n jede ganze Zahl oder Null ist, so wird

$$\left.\begin{array}{l} I^2=\frac{c^2}{2}\times \\ \quad[1-\frac{1}{2}(cos\,2\pi\vartheta+cos\,2\pi\vartheta')\pm\frac{1}{2}sin\,2\pi\vartheta\,sin\,2\pi\vartheta'] \\ \text{und wenn } \varphi=(2n+1)\frac{\pi}{4}+22\tfrac{1}{2}{}^\circ \text{ gesetzt wird, so ist} \\ I^2=\frac{c^2}{2}\times \\ \quad[1-\frac{1}{2}(cos\,2\pi\vartheta+cos\,2\pi\vartheta')\mp\frac{1}{2}sin\,2\pi\vartheta\,sin\,2\pi\vartheta'] \end{array}\right\} \quad (42)$$

wo die oberen Zeichen für $\psi = +45°$ oder $180° + 45°$, die unteren für $\psi = -45°$ oder $180° - 45°$ gelten. Wir werden die durch das obere Zeichen in der ersten dieser Formeln ausgedrückte Intensität durch A, die zweite durch B bezeichnen.

Geht man von $\varphi = 22\frac{1}{2}°$ aus, und läfst φ um 45°, 2·45° u. s. w. zunehmen, so sieht man abwechselnd die durch die Intensitäten A und B bestimmten Bilder. Ist nämlich $\psi = +45°$, so sicht man zuerst das Bild A, danach B, so wieder A u. s. w.; ist dagegen $\psi = -45°$, so sieht man zuerst das Bild B, dann A, so wieder B u. s. w. Fig. 18 Taf. V zeigt das Bild A, und Fig. 19 das Bild B, wie ich sie in zwei gleich dicken Bergkristallplatten, jede ungefähr von der Dicke einer Linie, sehe, in homogenem Lichte.

Ist $\alpha = 0$, so sind die Bilder complementar zu A und B.

Die Intensitäten A und B können auch so geschrieben werden

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{c^2}{2}\Big[1 - \tfrac{1}{2}(\cos 2\pi\vartheta + \cos 2\pi\vartheta') \\ &\qquad - \tfrac{1}{4}\cos 2\pi(\vartheta + \vartheta') + \tfrac{1}{4}\cos 2\pi(\vartheta - \vartheta')\Big] \\ B &= \frac{c^2}{2}\Big[1 - \tfrac{1}{2}(\cos 2\pi\vartheta + \cos 2\pi\vartheta') \\ &\qquad + \tfrac{1}{4}\cos 2\pi(\vartheta + \vartheta') - \tfrac{1}{4}\cos 2\pi(\vartheta - \vartheta')\Big] \end{aligned}\right\} \quad (43)$$

Da die Lichtintensität in jedem Punkte des Gesichtsfeldes gleich ist der Summe der durch jedes einzelne Glied der Gleichungen (43) bestimmten Intensitäten, so kann man sich vorläufig einen Grundrifs des Bildes construiren, wenn man in jedem Gliede dieses Ausdrucks den Gangunterschied gleich einer Constanten setzt, und die dadurch bestimmten Curven construirt; denn wenn man die algebraische Summe der Intensitäten dieser Curven auf einem bestimmten Schneidepunkte nimmt, so ist diese Summe gleich der wirklichen Intensität des Bildes auf dieser Stelle. Ist diese Summe für eine Reihe continuirlich auf einander folgender Punkte constant, so wird

auch das durch die Interferenz der ausfahrenden Strahlen hervorgebrachte Bild von isochromatischen Curven bestehen; im entgegengesetzten Falle wird man nur isolirte isochromatische Punkte sehen. Durch die Gleichung $\vartheta - \vartheta' = c$ wird, wie oben gezeigt, ein System von geraden Linien ausgedrückt, parallel der Halbirungslinie des von beiden Hauptschnitten eingeschlossenen Winkels, deren Entfernung von einander $= \frac{1}{2q \sin 22\frac{1}{2}^\circ}$. Die Gleichung $\vartheta + \vartheta' = c'$ giebt ein System von parallelen Geraden senkrecht auf den Vorigen, deren Abstand $= \frac{1}{2q \cos 22\frac{1}{2}^\circ}$. Endlich wird durch jede der Gleichungen $\vartheta = c''$ und $\vartheta' = c'''$ ein System von geraden Linien senkrecht resp. auf dem Hauptschnitte des ersten und zweiten Kristalls vorgestellt, deren Abstand $= \frac{1}{q}$ ist. Wählt man nun solche Werthe für c'' und c''', dafs $\cos 2\pi\vartheta = \cos 2\pi\vartheta' = -1$ wird, so ist es zufolge der Gleichungen (43) klar, dafs die genannte Summe ein Maximum, und gleich c wird. Denn setzt man $\cos 2\pi\vartheta = \cos 2\pi\vartheta' = -1$, so wird

$$\vartheta = \frac{2n+1}{2} \quad \text{und} \quad \vartheta' = \frac{2m+1}{2},$$

folglich $\vartheta - \vartheta' = n - m$ und $\vartheta + \vartheta' = n + m + 1$, oder

$$\cos 2\pi(\vartheta - \vartheta') = \cos 2\pi(\vartheta + \vartheta') = +1$$

und damit

$$I^2 = c^2.$$

Ist $\cos 2\pi\vartheta = \cos 2\pi\vartheta' = +1$, so findet man auf gleiche Weise, dafs die Intensität ein Minimum wird, und gleich Null. Führt man nun diese Construction aus, so wird man sehen, dafs die Punkte, wo $I^2 = c^2$ oder $=$ Null ist, sich auf Linien symmetrisch ordnen, die parallel mit und senkrecht auf der Linie sind, die den, von den Projectionen der gleichgewandten Enden der optischen Axen eingeschlossenen Winkel, halbirt, und zwar

so, daſs auf jeder dieser Linien abwechselnd ein Maximum und ein Minimum liegt. Ich wähle also wie früher diese Linien zu Axen der rechtwinklichen Coordinaten, wodurch man wieder auf die Ausdrücke (37) kommt.

Setzt man in der ersten dieser Gleichungen $x=0$, und läſst ϑ bis $\vartheta+\frac{1}{4}$ zunehmen, so wächst y zu

$$y=\frac{1}{4q\cdot\cos 22\frac{1}{2}^0}.$$

Nimmt man nun diesen Zuwachs von y, der ϑ auf der Coordinatenaxe y um $\frac{1}{4}$ wachsen läſst, zur Einheit der x und y, so reduciren sich die Formeln (37) auf folgende einfache Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned}
\vartheta &=\tfrac{1}{4}y+\tfrac{1}{4}\operatorname{tang} 22\tfrac{1}{2}^0 x-r=\tfrac{1}{4}y+\frac{\sqrt{2}-1}{4}x-r\\
\vartheta' &=\tfrac{1}{4}y-\tfrac{1}{4}\operatorname{tang} 22\tfrac{1}{2}^0 x-r=\tfrac{1}{4}y-\frac{\sqrt{2}-1}{4}x-r\\
\vartheta-\vartheta' &=\tfrac{1}{2}\operatorname{tang} 22\tfrac{1}{2}^0 x=\frac{\sqrt{2}-1}{4}\\
\vartheta+\vartheta' &=\tfrac{1}{2}y-2r.
\end{aligned}\right\}\quad(44)$$

Es wird im Folgenden nützlich, x als eine Function von $\vartheta-\vartheta'$ ausgedrückt zu haben; macht man $\vartheta-\vartheta'=k$, so wird $x=\frac{2k}{\sqrt{2}-1}$, und man erhält dann

$$2\pi\vartheta=\frac{\pi}{2}y+\pi k-2\pi r$$

$$2\pi\vartheta'=\frac{\pi}{2}y-\pi k-2\pi r.$$

$$2\pi(\vartheta-\vartheta')=2\pi k,\quad 2\pi(\vartheta+\vartheta')=\pi y-4\pi r.$$

Substituirt man diese Werthe in den Intensitätsformeln (43), so findet man

$$I^2=\frac{c^2}{2}\Big[1\pm\tfrac{1}{4}\cos 2\pi k\mp\tfrac{1}{4}\cos(\pi y-4\pi r)$$
$$-\cos\pi k\cos\Big(\frac{\pi}{2}y-2\pi r\Big)\Big],\qquad(45)$$

wo die obern Zeichen für die Intensität A, die untern

für B gelten. Macht man in dieser Gleichung k constant, so erhält man die Intensität auf einer Linie parallel der Axe y. Man sieht, dafs die Intensität auf jeder solcher Linie periodischen Veränderungen unterworfen ist, so dafs für die Ordinaten y und $y+4$ dieselbe Intensität stattfindet. Giebt man dagegen x einen constanten Werth, so sieht man, dafs die Intensität auf jeder Linie parallel der Axe x auch solche periodische Veränderungen zeigt, und zwar so, dafs für $k=n$ und $k=n+2$ dieselbe Intensität wiederkehrt.

Der Kürze willen wollen wir annehmen — was bei den von mir angewandten Kristallplatten nahe der Fall ist — dafs $r=\frac{2n+1}{2}$, was der Untersuchung nichts von ihrer Allgemeinheit raubt, sondern im Grunde nur eine Verrückung des Anfangspunktes der Coordinaten ist. Man findet unter dieser Voraussetzung

$$I^2=\frac{c^2}{2^2}\left[1\pm\tfrac{1}{4}\cos 2\pi k\mp\tfrac{1}{4}\cos\pi y+\cos\pi k\cdot\cos\frac{\pi}{2}y\right] \quad (46)$$

Setzt man das Differenzial dieser Gleichung in Bezug auf y gleich Null, so findet man die Coordinate y aller Punkte parallel der Axe y, wo die Intensität ein Maximum oder Minimum ist. Man findet für die oberen Zeichen, oder für das Bild A

$$\cos\pi k\sin\frac{\pi}{2}y-\sin\frac{\pi}{2}y\cos\frac{\pi}{2}y=0,$$

und folglich

$$\sin\frac{\pi}{2}y=0 \qquad \text{und} \qquad \cos\frac{\pi}{2}y=\cos\pi k.$$

Die erste dieser Wurzeln ist von k unabhängig; wir werden die dadurch bestimmten Maxima oder Minima, die für jeden Werth von k, dieselbe Entfernung von der Axe x behalten, Maxima oder Minima erster Klasse nennen. Man hat für diese

$$y=2n,$$

wenn n jede ganze Zahl oder Null bedeutet.

Die zweite Wurzel ist eine Function von k, und giebt

$$y=4n\pm2k;$$

diese Punkte, die wir Maxima oder Minima zweiter Klasse nennen wollen, verändern also ihre Lage gegen die Axe x für verschiedene Werthe von k.

Auf dieselbe Weise findet man für die Intensität B, oder wenn die unteren Zeichen angewandt werden, für Maxima oder Minima erster Klasse

$$y=2n,$$

und für Maxima oder Minima zweiter Klasse

$$y=4n+2\pm2k.$$

Alle Maxima oder Minima erster Klasse haben also für die Bilder A und B gleiche Lage. Die Maxima oder Minima zweiter Klasse sind für das Bild A alle Maxima, und für das Bild B alle Minima der Intensität, von welchen zwei immer, wenn $y=2n$ wird, zu einem Maximum oder Minimum erster Klasse zusammenfallen.

Um diese Intensitätsveränderungen anschaulich zu machen, betrachte ich y als die Abscisse einer Curve, deren Ordinaten der jedem Werthe von y entsprechenden Intensität gleich sind, in Theilen von c oder von der Intensität des Einfallslichtes ausgedrückt. Auf diese Weise habe ich nach der Formel (46) die in Fig. 20—24 Taf. V vorgestellten Intensitätscurven für verschiedene Werthe von k construirt. Die punktirten Curven entsprechen der Intensität B, die ganz ausgezogenen der Intensität A. Man sieht, dafs der charakterisirende Unterschied zwischen den Bildern A und B der ist, dafs parallel der Axe y die Lichtintensität in der Nähe seines Maximums beinahe constant ist für sehr verschiedene Werthe von y, wogegen sie in der Nähe seines Minimums geschwind ab- und zunimmt; für B findet das Umgekehrte statt. Mit andern Worten, in dem Bilde A sind auf jeder Linie, die das Bild parallel der Axe y durchschneidet, die hellen Stellen breiter als die dunklen, für das Bild E dagegen sind die dunklen Stellen mehr vorherrschend als

die hellen. Nur für $k = \pm\frac{2n+1}{2}$ sind in beiden Bildern die hellen und dunklen Stellen gleich breit, und da zugleich die Intensitätsveränderungen auf diese Linien verhältnifsmäfsig klein sind, so scheint es, als wäre das Bild auf diesen Stellen $\left(\text{wo } \vartheta - \vartheta' = \pm\frac{2n+1}{2}\right)$ von Linien von beinahe constanter Intensität, gleich der darauf herrschenden mittlern Insensität $\frac{3}{8}c^2$ für A, und $\frac{5}{8}c^2$ für B, durchgeschnitten. In dem Bild A Fig. 18 Taf. V ist dieses besonders augenfällig.

Setzt man das Differenzial der Gleichung (46) in Bezug auf k gleich Null, so findet man auf gleiche Weise wie oben, dafs die Intensität A, auf jeder Linie parallel der Axe x, zwischen den Gränzen $k=2n$ und $k=2n+2$ (wo n jede ganze Zahl ist), wenn y nicht eine gerade ganze Zahl ist, zwei Minima zweiter Klasse für die Abscissen $k=2q+1\pm\frac{1}{2}y$ hat, und die Intensität B unter derselben Bedingung zwei Maxima zweiter Klasse für die Abscissen $k=2q\pm\frac{1}{2}y$. Aufserdem hat die Intensität A zwischen denselben Gränzen drei Maxima und B drei Minima erster Klasse für die Abscissen $k=2n$ und $=2n+1$ und $=2n+2$; von welchen für A, das erste und letzte, wenn y ein ungerades, das mittlere, wenn y ein gerades Multiplum von 2 ist, mit zwei Minima zweiter Klasse zusammenfallen, und vereint ein Minimum erster Klasse bilden. Für B dagegen wird das mittlere Minimum, wenn y ein ungerades, das erste und letzte, wenn y ein gerades Multiplum von 2 ist, mit zwei Maxima zweiter Klasse zusammenfallen, und vereint ein Maximum erster Klasse bilden.

Nimmt man k als Abscisse, und die jedem Werthe von k entsprechende Intensität als Ordinate einer Curve an, so findet man für verschiedene Werthe von y die Fig. 25—29 Taf. V construirten Intensitätscurven. Man sieht, dafs auch parallel der Axe x die hellen und dunklen

Stellen der Bilder A und B gleiche Lage haben, und dafs der charakteristische Unterschied zwischen beiden Bildern in dieser Richtung ist, dafs für A die dunklen Stellen breiter als die hellen, für B umgekehrt, die hellen breiter als die dunklen sind. Nur wenn y eine ganze ungerade Zahl ist, werden beide gleich breit, und da in diesem Falle die Intensitätsveränderungen zwischen ziemlich enge Gränzen eingeschlossen sind, wird das Bild auch in dieser Richtung $\left(\vartheta+\vartheta'=\frac{2n+1}{2}-2r\right)$ von Linien von der mittleren Intensität $\frac{5}{8}c^2$ für A, und $\frac{3}{8}c^2$ für B, durchgeschnitten erscheinen.

Sucht man die Gleichung der Linien, die alle Maxima oder Minima zweiter Klasse verbindet, so findet man für die Maxima

$$y=4n\pm(\sqrt{2}-1)x,$$

und für die Minima

$$y=4n+2\pm(\sqrt{2}-1)x.$$

Diefs sind die Gleichungen zweier geraden Linien, die mit der Axe der Abscissen einen Winkel von $22\frac{1}{2}°$ und $180°-22\frac{1}{2}°$ bilden, also die eine senkrecht auf dem Hauptschnitt des ersten, die andere auf dem des zweiten Kristalls ist. Und so kommt man wieder auf die Gleichungen $\vartheta=const$ und $\vartheta'=const$ zurück.

Die Intensitätsveränderungen auf diesen Linien sind durch die Gleichungen

$$I^2=\frac{c^2}{2}(1+cos^2\pi k) \text{ für } A. \qquad \text{und}$$

$$I^2=\frac{c^2}{2}(1-cos^2\pi k) \text{ für } B$$

ausgedrückt, sind also zwischen den Gränzen c^2 und $\frac{1}{2}c^2$ für A, $\frac{1}{2}c^2$ und 0 für B eingeschlossen.

Setzt man in der Formel (30) $\varphi=2n\frac{\pi}{4}+22\frac{1}{2}°$, so erhält man

$$I^2=\frac{c^2}{2}\times$$

$$[1-\tfrac{1}{2}(\cos 2\pi\vartheta'-\cos 2\pi\vartheta)\mp\tfrac{1}{2}\sin 2\pi\vartheta\sin 2\pi\vartheta']. \quad (47)$$

Ich bezeichne die durch das obere Zeichen ($\psi=+45^\circ$) ausgedrückte Intensität durch c, die andere ($\psi=-45^\circ$) durch d. Setzt man ferner in derselben Formel $\varphi=(2n+1)\frac{\pi}{4}+22\tfrac{1}{2}{}^\circ$, so findet man

$$I^2=\frac{c^2}{2}\times$$

$$[1+\tfrac{1}{2}(\cos 2\pi\vartheta'-\cos 2\pi\vartheta)\mp\tfrac{1}{2}\sin 2\pi\vartheta\sin 2\pi\vartheta']. \quad (48)$$

Bezeichnet man hier die durch das obere Zeichen ausgedrückte Intensität durch D, die andere durch C, so sieht man, dafs C und c, D und d complementar sind.

Drückt man wie oben ϑ und ϑ' als Functionen von y und k aus, so findet man aus der Formel (47) für die Intensitäten C und d

$$I^2=\frac{c^2}{2}\Big[1\mp\tfrac{1}{4}\cos 2\pi k\pm\tfrac{1}{4}\cos(\pi y-4\pi r)$$
$$-\sin\pi k\sin\left(\frac{\pi}{2}y-2\pi r\right)\Big] \quad (49)$$

Verrückt man den Anfangspunkt der Coordinaten durch Substitution von $y+1$ statt y, und $k+\frac{1}{2}$ statt k, so verwandelt sich obenstehender Ausdruck für die Intensität in folgenden

$$I^2=\frac{c^2}{2}\Big[1\pm\tfrac{1}{4}\cos 2\pi k\mp\tfrac{1}{4}\cos(\pi y-4\pi r)$$
$$-\cos\pi k\cos\left(\frac{\pi}{2}y-2\pi r\right)\Big] \quad (50)$$

Da dieser Ausdruck mit dem Ausdruck für die Intensität bei (45) identisch ist, so ist $C=A$ und $d=B$. Die Bilder haben also in beiden Fällen gleiches Aussehen, und unterscheiden sich nur dadurch von einander, dafs eine von dem betrachtenden Auge auf die Oberfläche des Kristalls gefällte Senkrechte, die Bilder C und d in einem andern Punkt als die Bilder A und B trifft.

Da

Da die Bilder c und D zu C und d complementar sind, so ist das Aussehen derselben bekannt, wenn man das der letzteren kennt, und bedarf folglich keiner eigenen Untersuchung.

Die allgemeine Intensitäts-Formel (I) kann auch dazu dienen, die Erscheinungen zu bestimmen, die eine einzige Kristallplatte zeigt, wenn das einfallende Licht elliptisch oder circular polarisirt ist, und linear analysirt wird, oder geradlinig polarisirt einfällt, und elliptisch oder circular analysirt wird. Man darf nur im ersten Falle annehmen, entweder, dafs der Gangunterschied der gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Strahlen im ersten Kristall constant ist, und zwar ein ungerades Vielfaches von Viertel-Wellenlängen, oder, dafs der Winkel zwischen der Schwingungsebene der Einfallsstrahlen und dem Hauptschnitt des ersten Kristalls 45^0 ist, und der Gangunterschied veränderlich, aber für alle Strahlen derselbe sey. Im zweiten Falle macht man dagegen für den zweiten Kristall diese Annahme.

Die Intensitätsformel (I) läfst sich auch so schreiben

$$\begin{aligned}J^2=\frac{c^2}{2}[1&+\cos 2(\alpha+\varphi)\cos 2\varphi'\cos 2\psi\\&+\cos 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'\sin 2\psi\cos 2\pi\vartheta'\\&-\sin 2(\alpha+\varphi)\cos 2\varphi'\sin 2\psi\cos 2\pi\vartheta\\&+\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'[\cos^2\psi\cos 2\pi(\vartheta+\vartheta')\\&\qquad-\sin^2\psi\cos 2\pi(\vartheta-\vartheta')]].\end{aligned}\tag{51}$$

Macht man nun in diesem Ausdrucke $\vartheta=\frac{2n+1}{4}$, so erhält man

$$\begin{aligned}J^2=\frac{c^2}{2}[1&+\cos 2(\alpha+\varphi)\cos 2\varphi'\cos 2\psi\\&+\cos 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'\sin 2\psi\cos 2\pi\vartheta'\\&\mp\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi'\sin 2\pi\vartheta'],\end{aligned}\tag{52}$$

wo das obere Zeichen gilt, wenn $\vartheta=\frac{1}{4}$ oder $\frac{5}{4}$, $\frac{9}{4}$ u. s. w., das untere, wenn $\vartheta=\frac{3}{4}$, $\frac{7}{4}$, $\frac{11}{4}$ u. s. w. ist. Setzt man

$\alpha + \varphi$, oder den Winkel zwischen der Schwingungsebene des Einfallslichtes und dem Hauptschnitte des ersten Kristalls gleich $90^\circ - \beta$, so ist $\psi = \alpha + \varphi' + \beta - 90^\circ$, und die Formel (52) wird

$$J^2 = \frac{c^2}{2}[1 + \cos 2\beta \cos 2\varphi' \cos 2(\alpha + \varphi' + \beta)$$
$$+ \cos 2\beta \sin 2\varphi' \sin 2(\alpha + \varphi' + \beta) \cos 2\pi\vartheta'$$
$$\mp \sin 2\beta \sin 2\varphi' \sin 2\pi\vartheta'], \qquad (53)$$

welcher Ausdruck mit der Formel identisch ist, welche Airy (Pogg. Ann. XXIII S. 228) angiebt, für elliptische Polarisation und lineare Analyse, und wozu er auf einem ganz verschiedenen Wege gekommen ist, nämlich durch Betrachtung der totalen Reflexion in Fresnels Parallelepiped.

Da β in Airy's Formel den Winkel bezeichnet, den die Schwingungsebene der einfallenden Strahlen mit der Ebene der inneren Reflexionen im Glasparallelepiped bildet, so sieht man, daſs dieser Winkel, den Winkel zwischen der Schwingungsebene der Einfallsstrahlen und dem Hauptschnitt des ersten Kristalls zu 90° ergänzen muſs, wenn beide Vorrichtungen dasselbe Resultat geben sollen; oder der Hauptschnitt des ersten Kristallblatts muſs auf der Reflexionsebene des Parallelepipeds senkrecht stehen.

Macht man in dem Ausdruck (53) $\beta = 0$ od. $= 90^\circ$, so kommt man wieder auf die Formel (II) für lineare Polarisation und Analyse; die aus dem ersten Kristall tretenden Strahlen sind linear polarisirt und zwar parallel der Schwingungsebene der Einfallsstrahlen. Setzt man $\beta = 45^\circ$, also $\cos 2\beta = 0$, so findet man die Intensität für circulare Polarisation und Analyse

$$J^2 = \frac{c^2}{2}(1 \mp \sin 2\varphi' \sin 2\pi\vartheta'). \qquad (54)$$

Ist $\beta = 135^\circ$, so erhält man den complementaren Ausdruck.

Setzt man den Gangunterschied im zweiten Kristall constant, und gleich einem ungeraden Vielfachen von ei-

ner Viertelwelle, so findet man durch Substitution in der Formel (51), da $\psi = \varphi' - \varphi$

$$J^2 = \frac{c^2}{2}[1 - \cos 2(\alpha + \varphi)\cos 2\varphi' \cos 2(\varphi' - \varphi)$$
$$- \sin 2(\alpha + \varphi)\cos 2\varphi' \sin 2(\varphi' - \varphi)\cos 2\pi\vartheta$$
$$\mp \sin 2(\alpha + \varphi)\sin 2\varphi' \sin 2\pi\vartheta], \qquad (55)$$

wo das obere Zeichen für $\vartheta = \frac{4n+1}{4}$, das untere für $\vartheta' = \frac{4n+3}{4}$ steht.

Macht man hierin $\varphi' = 0$ oder $= 90^\circ$, so erhält man dieselbe Formel als für lineare Polarisation und Analyse. Für circulare Analyse findet man, wenn man $\varphi' = 45^\circ$, also $\cos 2\varphi' = 0$, $\sin 2\varphi' = 1$ setzt

$$J^2 = \frac{c^2}{2}[1 \mp \sin 2(\alpha + \varphi)\sin 2\pi\vartheta]; \qquad (56)$$

für $\varphi = 135^\circ$ erhält man den complementaren Ausdruck.

Für jeden anderen Werth von φ drückt die Formel (55) die Intensität der in das Auge kommenden Strahlen aus, für lineare Polarisation und elliptische Analyse.

Bildet der Hauptschnitt des ersten Kristalls einen Winkel von 45° mit der Schwingungsebene der einfallenden Strahlen, so werden die aus dem ersten Kristall tretenden Strahlen linear, circular oder alliptisch polarisirt seyn, je nach der Gröfse des Gangunterschiedes der Strahlen und Kristallblatte. Macht man nun in der Formel (51) $\alpha + \varphi = 45^\circ$ oder 135°, und nimmt man an, dafs ϑ für alle einfallenden Strahlen constant ist und gleich k, so erhält man, da $\psi = \varphi' + \alpha - 45^\circ$ oder $= \varphi' + \alpha - 135^\circ$

$$J^2 = \frac{c^2}{2}\{1 + \cos 2(\alpha + \varphi)\cos 2\varphi' \cos 2\pi k$$
$$+ \sin 2\varphi'[\sin 2(\alpha + \varphi)\cos 2\pi k \cos 2\pi\vartheta'$$
$$\mp \sin 2\pi k \sin 2\pi\vartheta')]\}, \qquad (57)$$

wo das obere Zeichen für $\alpha + \varphi = 45^\circ$, das untere für

$\alpha+\varphi=135°$ angewandt werden muſs. Diese Formel findet z. B. ihre Anwendung auf die von H. W. Dove beschriebenen Depolarisations-Erscheinungen (Pogg. Ann. XXXV) wo der Gangunterschied im ersten Kristall durch Compression, Erwärmung oder Abkühlung zum Variiren gebracht wird, und die Lichtschwingungen dadurch jeden Grad von Ellipticität, von der geraden Linie an bis zum Kreise annehmen müssen.

1) Setzt man in (57) k gleich eine ganze Zahl $=n$, so wird

$$J^2=\frac{c^2}{2}[1+\cos 2\varphi' \cos 2(\alpha+\varphi')$$
$$+\sin 2\varphi' \sin 2(\alpha+\varphi')\cos 2\pi\vartheta'].$$

Die vom ersten Kristall austretenden Strahlen sind also linear polarisirt, und die Schwingungen senkrecht auf der Schwingungsrichtung des einfallenden Lichtes.

2) Für $k=n+\frac{1}{2}$ erhält man den complementaren Ausdruck; die Strahlen sind also wieder linear polarisirt, aber die Schwingungsrichtung steht senkrecht auf der vorigen.

3) Ist $k=n+\frac{1}{4}$ oder $=n+\frac{3}{4}$, so sind die vom ersten Kristall ausfahrenden Strahlen circular polarisirt, und die Formel (57) wird dann, für $k=n+\frac{1}{4}$, mit dem Ausdruck bei (54), und für $k=n+\frac{3}{4}$, mit dem Ausdruck bei (55) identisch. Da diese Ausdrücke complementar sind, so ist die kreisende Schwingungsrichtung der Aethermoleküle in beiden Fällen entgegengesetzt.

Nimmt man an, daſs der Gangunterschied im zweiten Kristall constant ist für alle einfallenden Strahlen, und bildet der Hauptschnitt dieses Kristalls 45° mit der Schwingungsebene des zweiten Nichols, ist also $\varphi'=45°$ oder 135°, so giebt die Formel (51) die Intensität der in das Auge kommenden Strahlen, wenn linear polarisirtes Einfallslicht elliptisch oder circular analysirt wird. Setzt man nun $\vartheta'=k$, so erhält man, da $\psi=\varphi'-\varphi$ $=45°-\varphi$ oder $=135°-\varphi$,

$$J' = \frac{c^2}{2}[1 + \cos 2\varphi \cos 2(\alpha + \varphi) \cos 2\pi k$$
$$+ \sin 2(\alpha + \varphi)(\sin 2\varphi \cos 2\pi k \cos 2\pi\vartheta$$
$$\mp \sin 2\pi k \sin 2\pi\vartheta)]. \qquad (58)$$

Wird in diesem Ausdruck $k = n$ oder $= n + \frac{1}{2}$ (unter n wieder eine ganze Zahl verstanden), so ist das Licht linear analysirt, und die Intensität, die für $k = n$ stattfindet, geht für $k = n + \frac{1}{2}$ in die complementare über.

Ist $k = n + \frac{1}{4}$ oder $= n + \frac{3}{4}$, so wird das Licht circular analysirt; die Schwingungsbewegung geschieht in beiden Fällen in entgegengesetzter Richtung, die Erscheinungen sind daher complementar, und der Ausdruck für die Intensität ist gleich dem Ausdruck bei (56).

II. *Ueber die Elektrolyse sekundärer Verbindungen; von J. F. Daniell.*

(Auszug aus der vom Verfasser mitgetheilten Abhandlung in den *Phil. Transact.* 1839, pt. I. pag. 97).

Wenn Wasser in einem Elektrolyt vorhanden ist, so wird es wahrscheinlich immer durch den galvanischen Strom zersetzt; allein andererseits weiſs man schon durch die Versuche von Davy, daſs wenn das Wasser Salze enthält, selbst in der geringsten Menge, auch diese in ihre entfernteren oder nähern Bestandtheile zerfällt werden. Es scheint jedoch noch nicht untersucht worden zu seyn, ob diese gleichzeitigen Zersetzungen in Beziehung zu einander stehen. Dieſs zu ermitteln, ist der Zweck der folgenden Untersuchung.

Es diente dazu eine Batterie von der vom Verf. erfundenen Construction, bestehend aus 30 Zellen von 6 Zoll Höhe. In den Kreis dieser Batterie wurde eine Zersetzungszelle von folgender Einrichtung eingeschaltet. Ein

starker Glascylinder, etwa 14 Kubikzoll fassend, und ursprünglich oben und unten geschlossen, war der Länge nach durchschnitten, dann zwischen beide Hälften eine Platte von porösem Steingut gelegt, und nun das Ganze durch Messingringe mit Schrauben wieder vereint. In jeder der sonach gebildeten Zellen befand sich eine Platin-Elektrode, 2¾ Zoll lang und 1 Zoll breit, befestigt an einem Draht, der durch den Boden des Gefäfses in einen Napf voll Quecksilber ging. Ein oben in jede Zelle eingeschliffenes gekrümmtes Glasrohr diente zur Fortleitung des entwickelten Gases. Ein vorläufiger Versuch zeigte, dafs destillirtes Wasser, mit dem die eine Zelle gefüllt ward, noch nach 24 Stunden nicht in merklicher Menge in die andere gedrungen war (Fig. 1 und 2 Taf. VI. zeigen den Apparat von zwei Seiten).

Versuch 1. Die Zelle wurde, bis zur gänzlichen Bedeckung der Elektroden, mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron von 1,052 spec. Gewicht gefüllt und nun so lange mit der Batterie in Verbindung erhalten, dafs sich an der Platinode 20 Kubikzoll Wasserstoffgas und an der Zinkode 9 Zoll Sauerstoff entwickelt hatten. Die Lösung in der Platinode war nun stark alkalisch; sorgfältig mit einem Glasheber herausgenommen und mit Schwefelsäure von bestimmtem Gehalt gesättigt, fanden sich darin 12 Gran freien Natrons. Die Lösung an der Zinkode war sauer und ergab, bei Sättigung mit einer Lösung von kohlensaurem Natron von bestimmtem Gehalt, 15,1 freier Schwefelsäure.

Die 29 Kubikzoll Gas, berichtigt wegen Druck und Temperatur, reduciren sich auf 28,3. Nimmt man nun 70,8 Kubikzoll Knallgas als entsprechend 9 Gran oder 1 Aequivalent Wasser an, setzt das Aequivalent Natron =32, das der Schwefelsäure =40, so hat man

$$70{,}8 : 28{,}3 :: 32{,}0 : 12{,}8 :: 40 : 16{,}1.$$

Die beobachteten Resultate 12 und 15,1 weichen, wie man sieht, nur wenig von den berechneten 12,8 und

16,1 ab. Es erhellt also deutlich, obwohl die Versuche nicht die äusserste Genauigkeit besafsen, dafs neben ein Aequivalent Wasser zugleich ein Aequivalent schwefelsauren Natrons zersetzt worden war.

Bei diesem Versuche änderte sich übrigens das Niveau der Flüssigkeit in den Zellen sehr beträchtlich; zuletzt stand sie an der Platinode etwa anderthalb Zoll höher als an der Zinkode.

Versuch 2. Der vorige Versuch wurde mit derselben Glaubersalzlösung wiederholt, jedoch noch ein Voltameter eingeschaltet, dessen Elektroden gleiche Dimensionen wie die in der Zersetzungszelle hatten, und dessen Füllung aus verdünnter Schwefelsäure bestand. Der Strom wurde so lange unterhalten, bis sich im Voltameter 70,8 Kbzll. Knallgas angesammelt hatten; währenddefs entwickelten sich in der Zersetzungszelle an der Platinode 47,5 Kbzll. Wasserstoff und an der Zinkode 20,25 Kbzll. Sauerstoff. Die letztere Menge ist etwas kleiner als die vom Voltameter angezeigte Sauerstoffmenge, allein die Wasserstoffmengen würden in beiden Apparaten einander fast gleich seyn.

Angenommen nun, es sey im Voltameter blofs Wasser zersetzt, so kommt man zu dem merkwürdigen Schlufs, dafs derselbe Strom, der in dem einen Gefäfs blofs ein Aequivalent Sauerstoff von einem Aequiv. Wasserstoff trennte, in dem andern zugleich ein Aeq. Sauerstoff von einem Aeq. Wasserstoff und ein Aeq. Schwefelsäure von einem Aeq. Natron schied.

Eine zweite Merkwürdigkeit ist, dafs die Flüssigkeit in der Zersetzungszelle, obwohl sie an Menge die im Voltameter beträchtlich übertraf, sich bis 130° F. erwärmte, die letztere dagegen nur bis 67°. Auch bei diesem Versuche fand eine Fortführung der Flüssigkeit statt; in der Zelle der Platinode, wo sie freies Alkali enthielt, stand sie zuletzt bedeutend höher, als in der andern Zelle, wo die Säure ausgeschieden worden.

Eine zweimalige Wiederholung dieses Versuchs, wobei die ausgeschiedenen Mengen von Säure und Alkali durch Neutralisation bestimmt wurden, bestätigte, dafs diese den in der Zersetzungszelle entwickelten Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff aequivalent, und letztere in Summa dem im Voltameter entbundenen Gasgemenge gleich waren.

Versuch 3. Es wurden zwei Zersetzungszellen in die Batterie eingeschaltet, die eine gefüllt mit einer Lösung von schwefelsaurem Kali von 1069 spec. Gewicht, die andere mit verdünnter Schwefelsäure von 1150 spec. Gewicht, gefärbt auf Seite der Zinkode mit etwas Indigo. Nach 40 Minuten war die Salzlösung an der Platinode um einen Viertelzoll gestiegen, an der Zinkode dagegen um eben so viel gefallen, während in der Säure-Zelle keine Fortführung von Flüssigkeit stattgefunden hatte, auch kein Farbstoff von der Zinkode durch die Scheidewand zur Platinode gegangen war. Indefs hatte der Indigo seine blaue Farbe verloren und eine gelbe angenommen. Der Betrag des Gasgemenges war nahe gleich in beiden; doch war, wahrscheinlich durch die vom Indigo ausgeübte Absorption die Sauerstoffmenge aus der Säure etwas geringer, als die aus der Salzlösung. Die an der Zinkode ausgeschiedene Säure und das an der Platinode ausgeschiedene Alkali waren aequivalent zu einander und zu den entwickelten Gasen.

Versuch 4. Statt der Lösung von schwefelsaurem Kali wurde eine von salpetersaurem Kali von 1117 spec. Gew. genommen. Nun entwickelten sich 5 Kbzll. Sauerstoff an der Zinkode und 4,3 Kbzll. Wasserstoff an der Platinode, aber zugleich zeigte sich auf Seite der letztern, bei Oeffnung des Apparats, ein starker Ammoniakgeruch, was die Einwirkung des Wasserstoffs auf die Salpetersäure des Salpeters beweist und seine unzulängliche Menge erklärlich macht. Nachdem das Ammoniak durch Erwärmung ausgetrieben worden, war die Flüssigkeit noch alkalisch,

und zeigte, bei Neutralisation mit Säure, einen Gehalt von 13,5 Gran freien Kalis. Die Flüssigkeit an der Zinkode enthielt 17 Gran freie Salpetersäure. Die Zahlen weichen nicht viel von den Aequivalentverhältnissen ab.

Bei diesem Versuch wurde nur wenig Flüssigkeit von der Zinkode zur Platinode getrieben; der Niveau-Unterschied stieg nur auf $\frac{3}{16}$ Zoll.

Versuch 5, mit einer Lösung von phosphorsaurem Natron von 1057 spec. Gewichts angestellt, zeigte ebenfalls, daſs das Salz und das Wasser gleichzeitig und in aequivalenten Mengen zersetzt werden. Die Menge der Flüssigkeit, die von der Zinkode zur Platinode geführt wurde, war bei diesem Versuch gröſser als bei irgend einem der frühern. Der Niveau-Unterschied an beiden Seiten der Scheidewand betrug zuletzt zwei Zoll [1]).

---

1) Die Erscheinung, daſs Flüssigkeiten unzersetzt von der einen Elektrode zu der andern fortgeführt werden, ist zuerst von Porret beobachtet (*Annals of Philosoph. Jul.* 1816, auch diese Ann. Bd. XII S. 618). Er theilte ein Glas durch eine Scheidewand von thierischer Blase in zwei Zellen, füllte diese mit Wasser und hing in jede eine Platinplatte, die er dann beide mit den Polen einer Voltaschen Säule von 80 Plattenpaaren verband. Dabei wurde fast die gesammte Flüssigkeit in die negative Zelle getrieben. Späterhin fand er, daſs diese Erscheinung nicht eintrat, wenn er das Wasser durch Zusatz von Schwefelsäure leitender gemacht hatte.

Später zeigte Becquerel (*Traité de l'Electr. T. III. p.* 102) daſs fein zertheilter Thon im Wasser an der Zinkode, das von dem an der Platinode durch thierische Blase getrennt war, theilweise durch den Strom fortgeführt wurde. Auch er beobachtete, daſs die Erscheinung nur stattfand, wenn das Wasser schlecht leitete.

Herr Daniell füllte seine Zersetzungszelle mit destillirtem Wasser. Bei Verbindung dieser mit einer Batterie von 30 Zellen erschienen nur wenig Blasen an den Elektroden und es entwickelte sich nichts; allein nach 40 Minuten stand die Flüssigkeit an der Platinode einen halben Zoll höher als an der Zinkode. Als er in dem Wasser an der Zinkode etwas frisch gefälltes Eiweiſs vertheilte, wurde sichtbar eine Portion dieser fein vertheilten Substanz mit dem Wasser zu der Platinode geführt.

In der bisher angewandten Zersetzungszelle ließen sich die Produkte der Elektrolyse nicht lange getrennt erhalten, weil die Flüssigkeiten sich zuletzt an der Platinode-Seite der Scheidewand mit einander mischen. Deshalb construirte der Verf. eine andere, die er *double diaphragma cell* nennt. Man sieht sie in Fig. 2 Taf. VI abgebildet. Sie besteht, der Hauptsache nach, aus zwei Glascylindern, die unten durch eine U-förmige Röhre von dickem Glase verbunden, und oben, eine jede, mit einer gekrümmten Gasleitungs-Röhre versehen sind. Alle drei Röhren sind eingeschliffen, und die untere ist auf einem Brette befestigt. Durch Seitenöffnungen treten Platindrähte in die Cylinder ein, welche die Platin-Elektroden halten und sie mit Quecksilbernäpfe verbinden.

Bei Sättigung des Wassers mit Borsäure, wurde dessen Leitungsvermögen ein wenig erhöht; es entwickelte sich indeſs nur eine unmeſsbare Menge Gas, und nach 40 Minuten betrug der Niveau-Unterschied in beiden Zellen $\frac{3}{16}$ Zoll. Bei Füllung der Zellen mit einer Mischung aus 8 Thl. Wasser und 1 Thl. Schwefelsäure trat kein Niveau-Unterschied ein.

Die Erscheinung hängt indeſs nicht vom Leitvermögen ab, denn wie man gesehen, zeigt sie sich bei Salzlösungen, die gut leiten, in stärkerem Maaſse als bei reinem Wasser, und zwar in verschiedenem Grade nach der Natur des Salzes.

Um zu ermitteln, ob bei diesem Fortführungsprozeſs das Salz zum Theil aus seinem Lösemittel abgeschieden werde, nahm Herr Daniell das spec. Gewicht der Lösung vor und nach dem Prozeſs, ohne indeſs einen merkbaren Unterschied auffinden zu können. Eben so wenig stört, wie es scheint, diese bedeutende Fortführung von Stoff die elektrolytische Wirkung des Stroms, durch welche sie hervorgebracht wird. Was auch die nächste Ursache dieser Erscheinung seyn mag, so scheint sie doch Analogie zu haben mit der Fortführung gutleitender Substanzen, die bei Entladung einer Batterie in Luft von der Zinkode zur Platinode stattfindet, z. B. mit der von Hrn. Daniell beobachteten Fortführung des Platins von der Zinkode zu der aus Kohle gebildeten Platinode. Hr. Daniell glaubt übrigens, daſs dieser Prozeſs nichts mit der Endosmose und Exosmose des Hrn. Dutrochet zu schaffen habe, diese Erscheinung vielmehr durch eine Adhäsionskraft genügend erklärt werden könne.

Die untere U-förmige Röhre wird, nachdem sie mit Flüssigkeit gefüllt worden, an beiden Enden, mit sorgfältiger Ausschliefsung der Luft, durch dünne Blase verschlossen, zu deren Befestigung jedes Ende der Röhre eine eingeschliffene Rinne besitzt. Dann werden die Cylinder aufgestellt, ebenfalls mit Flüssigkeit gefüllt (von denen jeder sieben Kbzll. faſst) und nun durch Einsetzung der Gasröhren verschlossen. Die weitere Behandlungsweise ist der früheren gleich.

Diese Doppelzelle schwächte, weil die Elektroden weiter auseinander stehen, den Strom mehr als die frühere, allein sie entsprach ihrem Zweck, indem sie die Fortführung der Flüssigkeit, selbst einer Salzlösung, hinderte, und doch den Strom noch hinlänglich leitete. Die Blasen an der Verbindungsröhre wölbten sich indeſs ein wenig, Beweis eines Druckes von auſserhalb, in Folge der Fortführung einer kleinen Portion der inneren Flüssigkeit.

Versuch 6. Die Doppelzelle wurde mit einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Natron gefüllt und der Strom 2¼ Stunden durchgeleitet. Es hatten sich nun 24 Kbzll. Wasserstoff an der Platinode und 10 Kbzll. Sauerstoff an der Zinkode entwickelt, zusammen also 34 Kbzll. oder nahe ein halbes Aequivalent Gas. In der Zinkode-Lösung fanden sich 19,2 Gran freie Salpetersäure, in der Platinode-Lösung 13,5 Gran freies Natron, wozu noch 2 Gran aus der Verbindungsröhre kommen, so daſs in Summe 15,5 Gran Natron ausgeschieden wurden. Diese Zahlen sind fast identisch mit einem halben Aequivalent Schwefelsäure und Natron; sie dienen also den früheren Versuchen zur Bestätigung.

Versuch 7. Um auszumitteln, ob bei der Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure eine Fortführung dieser Säure stattfinde, wurde die Doppelzelle nebst ihrer Verbindungsröhre mit 5 Kbzll. von derselben gefüllt. Nach einer Stunde hatten sich an der Zinkode 23,6 Ku-

bikzoll Sauerstoff und an der Platinode 47,5 Kbzll. Wasserstoff, zusammen also 71,1 Kbzll. Gas entwickelt. Vor dem Versuch hatte die Säure das spec. Gewicht 1126,6; nach demselben zeigte sich das Niveau derselben unverändert, allein das spec. Gewicht war an der Zinkode auf 1130,3 gestiegen, und an der Platinode auf 1120,3 gesunken. — Bei Wiederholung des Versuchs mit 4 Kbzll. einer Säure von 1128,0 spec. Gewicht fand sich dieses an der Zinkode auf 1141,0 vermehrt und an der Platinode auf 1123,0 vermindert.

Aus diesem Versuch geht demnach hervor, dafs während der Elektrolyse von einem Aequivalent Wasser eine Portion Säure von der Platinode zur Zinkode überging, und möglicherweise eine Portion Wasser von der Zinkode zur Platinode. Zugleich zeigt die gröfsere Steigerung des specifischen Gewichts bei der kleineren Menge des Gemisches, dafs die Mengen nahe gleich waren bei beiden Versuchen.

Zur genaueren Feststellung dieses Apparats suchte nun der Verf. die Menge der fortgeführten Säure durch Wägung der Zellen vor und nach dem Versuch zu bestimmen.

Versuch 8. Es diente dazu ein Apparat, bei welchem die mit Blase verschlossene Verbindungsröhre mit ihren Enden von oben herab in die Flüssigkeit tauchte, mit welchen die beiden Zellen gefüllt waren. Die Menge des zersetzten Wassers wurde durch ein in die Batterie eingeschlossenes Voltameter bestimmt. Das darin aufgefangene Gasgemenge betrug 18 Kbzll. Die Wägung des Apparats vor und nach dem Versuch ergab folgendes:

	Vorher	Nachher	
Verbindungsröhre	539,4 Gr.	537,3 Gr.	1,9 Gr. Verlust
Platinode-Zelle	2687,8 »	2685,4 »	2,6 » Verlust
Zinkode-Zelle	2631,5 »	2634,0 «	2,6 » Gewinn
	5858,5 .	5856,5	
Gesammtverlust		2,0	

Der gesammte Verlust von 2 Gran Wasser entspricht nahe den entwickelten 18 Kubikzoll oder einem Viertel-Aequivalent Wasser, und die fortgeführten 2,5 Gr. Säure entsprechen ebenfalls nahezu einem Viertel-Aequivalent Schwefelsäure. — Mehrmalige Wiederholungen dieses Versuchs gaben immer dasselbe Resultat, doch war dabei keine grofse Genauigkeit zu erlangen.

Versuch 9. Der Verf. kehrte nun zu der frühern Doppelzelle zurück, füllte sie mit Schwefelsäure von verschiedener Concentration, und bestimmte vor und nach jedem Versuch, der bis zur Entwicklung von 70,8 Kbzll. Gasgemeng fortgesetzt wurde, das Sättigungsvermögen der Säure durch Neutralisation mit krystallirtem kohlensauren Natron, wovon 144 Gran einem Aeq. Schwefelsäure entsprechen.

Sättigungsvermögen der verdünnten Schwefelsäure an beiden Elektroden gegen Ein Aequivalent zersetzten Wassers.

	8 Wasser 1 Säure	16 Wasser 1 Säure	32 Wasser 1 Säure	64 Wasser 1 Säure	128 Wasser 1 Säure	8 Wasser 1 Säure
Platinode	—24	—29	—32	—37	—39	—35
Zinkode	+20	+35	+31	+37	+36,5	+36

Abgesehen von dem Resultat des ersten Versuchs, welches aus nicht anzugebenden Gründen von den übrigen abweicht, stimmen diese sehr nahe überein, ungeachtet der grofsen Unterschiede in den Gemischen von Wasser und Säure. Auch stimmt das mittlere Resultat sehr gut mit dem Resultat des Versuchs 8, dafs für je 9 Gr. oder 1 Aequ. zersetzten Wassers 10 Gr. oder $\frac{1}{4}$ Aequ. Schwefelsäure, entsprechend 38 Gr. krst. kohls. Natrons, von der Plationde zur Zinkode geführt werden.

Die Versuche sind indefs, nach des Verfassers eigenem Ermessen, nicht hinlänglich zu entscheiden, ob die Unterschiede im Sättigungsvermögen blofs entspringen aus

einer Fortführung der Säure von der Platinode zur Zinkode, oder theils aus dieser Fortführung und theils aus einer Fortführung von Wasser in entgegengesetzter Richtung. Zur Entscheidung dieser Frage vermochte der Verf. bisher keinen passenden Versuch zu ersinnen.

Versuch 10. Um die Bedingungen des letzten Versuchs zu vermannigfachen und zugleich zu ermitteln, ob die Fortführung von Säure auch stattfinde in den activen Zellen der Batterie, wo der Sauerstoff des zersetzten Wassers vom Zink aufgenommen wird, ersetzte er das Platin in der Zinkode-Zelle durch eine amalgamirte Zinkplatte. Vor dem Versuch wog diese 442,5 Gran. Jede Zelle war geladen mit 1123 Gran verdünnter Schwefelsäure, die, berechnet aus ihrem Sättigungsvermögen 158,8 Gran wasserfreier Säure enthielt. Der Strom wurde unterhalten, bis sich an der Platinode 23,5 Kbzll. Wasserstoff entwickelt hatten, oder ein halbes Aequivalent Wasser zersetzt worden war. Nach dem Versuch wog die Zink-Elektrode 426,5 Gran, also 16 Gran oder ein halbes Aequiv. Zink weniger.

Die Sättigung der Flüssigkeit an der Zinkode ergab 145,1 Gran Säure; dazu die 20 Gran, die das Oxyd des halben Aequivalents Zink zu seiner Sättigung erforderte, macht zusammen 165,1 Gran Säure; also enthielt diese Zelle 6,5 Gran mehr als anfänglich. — Die Sättigung der Säure an der Platinode wies 151,8 Gran nach, also einen Verlust von 7 Gran.

Dieser Versuch führt also zu dem freilich nicht scharf bewiesenen, aber doch mit dem des Versuchs 9 übereinstimmenden Resultat, dafs, gegen ein Aequivalent zersetzten Wassers, etwa 13 Gran (ungefähr $\frac{1}{4}$ Aequiv.) Säure von der Platinode zur Zinkode wandern [1]).

1) Es wird hierbei an den Versuch von Faraday im §. 529 seiner *Experiment. Research.* (Ann. Bd. XXXII. S. 438) erinnert, demgemäfs ein und derselbe Strom, welcher in einer Zelle $\frac{1}{16}$ Schwefel-

Versuch 11. Der Verf. stellte sich nun die Frage, ob die Säure während ihrer Abscheidung vom Wasser oder Alkali im Stande sey, einen Theil des Stroms zu leiten, der gleichzeitig Wasser zersetzt. Zu dem Ende leitete er den Strom seiner Batterie zugleich durch eine Glaubersalzlösung und durch schmelzendes Chlorblei. Erstere befand sich in der Doppelzelle, letzteres in einer Röhre von bleifreiem Glas, oberhalb einer Weingeistflamme. Die Platinode in dieser Zelle bestand aus einem Platindraht, die Zinkode aus Graphit; an letzterer entwich Chlorgas, an erstere setzte sich das Blei in einem wohlgeformten Knopfe ab.

Das Resultat war folgendes. Das reducirte Blei, vom anhängenden Chlorid wohl gereinigt, betrug 21,66 Gran, während in der Doppelzelle an der Platinode 11,7 Kbzll. Wasserstoff entwichen, an eben derselben 7,5 Gr. Natron und an der Zinkode 9,63 Gr. Schwefelsäure abgeschieden wurden.

Aus diesen Zahlen geht (wenigstens angenähert) hervor, dafs derselbe Strom, der in der einen Zelle ein Aeq. Chlorblei zerlegte, in der andern zugleich ein Aeq. Wasser zersetzte und ein Aeq. schwefelsaures Natron in seine näheren Bestandtheile zerfällte.

Ohne diesen Versuch, der übrigens mehrmals mit gleichem Erfolg wiederholt wurde, könnte vorausgesetzt werden, dafs bei Versuch 2. die Säure, welche in dem Voltameter, während der Wasserzersetzung, von der Platinode zur Zinkode geführt wurde, diejenige Kraft leitete, welche in der Zersetzungszelle die Zerlegung des schwefelsauren Natrons bewirkte. Hier gab es aber in der zweiten Zelle nur Einen Körper (Chlorblei) zu zersetzen.

Versuch 12. Um die Wirkung des Stroms auf wässrige Lösungen von Chloriden kennen zu lernen, füllte der Verf. die Doppelzelle Fig. 2 nebst ihrer Verbin-

säure vom Natron trennte, aus einer anderen Zelle $\frac{1}{33}$ dieser Säure vom Wasser abschied oder fortführte.

dungsröhre mit einer concentrirten Lösung von Chlornatrium und nahm zur Zinkode eine Zinnplatte. Bei Durchleitung des Stroms ergab sich, dafs während diese Zinnplatte 29,7 Gr. verlor und alles abgetrennte Chlor vollständig absorbirte, an der Platinode 15 Gr. Natron ausschieden und 24 Kbzll. Wasserstoffgas entwickelt wurden. Rechnet man hiezu noch ein Gran freies Natron, das sich in der Verbindungsröhre vorfand, so ist die Menge des zersetzten Chlornatriums genau dem des zersetzten Wassers aequivalent.

Versuch 13. Der letzte Versuch wurde mit Hinzufügung einer Röhre voll schmelzendem Chlorblei wiederholt, analog dem Versuch 11. Die Resultate waren:

	Beobachtet.	¼ Aeq.
Entwickelter Wasserstoff	12,6	11,8
Reducirtes Blei	24,9	26,0
Aufgelöstes Zinn	16,3	16,6.

Das Alkali auf Seite der Platinode wurde nicht bestimmt.

Die einfachste Betrachtungsweise dieses Resultates ist, anzunehmen, dafs für ein Aequivalent Chlorblei, welches in der ersten Zelle zersetzt wurde, ein Aequivalent Chlornatrium in der zweiten zerlegt ward, dafs das Chlor des letzteren sich mit dem Zinn der Zinkode verband, und das Natrium der Platinode auf das Wasser reagirte, und dadurch ein Aequivalent Wasserstoff als secundäres Resultat entwickelte. Nach dieser Hypothese würde blofs das Chlornatrium den Strom geleitet haben und kein Wasser elektrolysirt worden seyn.

Allein wie ist hiernach die Elektrolyse einer Lösung von schwefelsaurem Natron und das Resultat des Versuchs 11. zu erklären? Es schien Wasser elektrolysirt zu werden und zugleich zerfiel das Salz in Säure und Alkali in aequivalenten Mengen mit dem entbundenen Sauerstoff und Wasserstoff. Wir können nicht annehmen,

men, daſs, nach der Zersetzung des Wassers, noch ein Ueberschuſs von Kraft zur Zersetzung des Salzes vorhanden war. Vielmehr schlieſsen wir, daſs bloſs das schwefelsaure Natron zersetzt wurde, und zwar nicht in Säure und Alkali, sondern in ein Anion, bestehend aus einem Aeq. Schwefel und vier Aeq. Sauerstoff, und einem Kathion, nämlich Natrium; aus dem erstern wurde an der Anode durch secundäre Action ein Aeq. Schwefelsäure und ein Aeq. Sauerstoffgas gebildet, aus dem letzteren an der Kathode ein Atom Natron und ein Aeq. Wasserstoff.

Gemäſs dieser Ansicht wäre also

schwefelsaures Natron	nicht	$SO_3.NaO$	sondern	$SO_4.Na$
schwefelsaures Kali	»	$SO_3.KO$	»	$SO_4.K$
salpetersaures Kali	»	$NO_5.KO$	»	$NO_6.K$
phosphorsaures Natron	»	$PO^5_2.NaO$	»	$PO^7_2.Na$

Dieſs führte den Verf. dahin, auch das schwefelsaure Kupferoxyd nicht als $SO_3.CaO$, sondern als $SO_4.Cu$ zu betrachten, und demgemäſs folgenden Versuch anzustellen.

Versuch 14. Die Doppelzelle Fig. 3. wurde auf Seite der Platinode mit einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Kupfer auf Seite der Zinkode und in der Verbindungsröhre aber mit Schwefelsäure von der gewöhnlichen Verdünnung gefüllt. Zugleich mit dieser Zelle ward ein Voltameter eingeschaltet, dann der Strom so lange durchgeleitet, bis sich in diesem 35 Kbzll. Gas entwickelt hatten, und nun das auf die Platinode gefällte Kupfer gewägt, so wie die daselbst frei gewordene Schwefelsäure durch Neutralisation mit Natron bestimmt. Die Resultate waren

	Beobachtet.		Berechnete Aequivalente.
Sauerstoff und Wasserstoff	35	Kbzll.	35,4
Gefälltes Kupfer	15,5	Gran	16
Frei gewordene Schwefelsäure	18,8	»	20

Versuch 15. Eine Abänderung des letzten Versuchs in der Art, dafs eine Zinkplatte zur Zinkode genommen wurde gab:

	Beobachtet.		Berechnete Aequivalente.
Sauerstoff und Wasserstoff	35	Kbzll.	35,4
Gefälltes Kupfer	16,7	Gran	16
Gelöstes Zink	16,4	»	16
Freie Schwefelsäure	18,8	»	20

Das Auftreten von freier Schwefelsäure in der Platinode-Zelle ist sehr merkwürdig. Nach dem aufgestellten Grundsatz erklärt es sich aber so. Der durch die doppelte Zelle geleitete Strom zerlegte gleichzeitig den zusammengesetzten Elektrolyt, das schwefelsaure Kupferoxyd, $SO_4 . Cu$ und den einfachen Elektrolyt, das Wasser, H_4O. Das vom erstern abgeschiedene zusammengesetzte Anion SO_4, wanderte gegen das gesäuerte Wasser, traf dort den ihm begegnenden Wasserstoff und bildete somit Wasser H_2O und Schwefelsäure SO_3, welche in der Platinode-Zelle verblieb.

Versuch 16. Es hatte nun grofses Interesse, die Produkte der Elektrolyse von Ammoniaksalzen kennen zu lernen. Demgemäfs füllte der Verf. die Doppelzelle Fig. 3, deren Zinkode aus Zinn bestand, mit einer concentrirten Salmiaklösung, schaltete hinter derselben ein Voltameter ein, und leitete den Strom so lange durch, bis sich in diesem 35 Kbzll. Knallgas entwickelt hatten. Die Zinkode der Doppelzelle entband kein Gas, verlor aber an Gewicht; die Platinode derselben entwickelte dagegen Wasserstoffgas, das über Quecksilber aufgefangen wurde, und zugleich wurde an derselben Ammoniak frei, dessen Menge durch Neutralisation bestimmt ward. Nachstehendes waren die Resultate:

	Beobachtet.		Berechnete Aequivalente.
Gasgemeng im Voltameter	35,0	Kbzll.	35,4
Wasserstoff von d. Platinode	23,5	Gran	23,6
Gelöstes Zinn	30,4	»	29,0
Freies Ammoniak	8,25	»	8,5

Der Salmiak erwies sich demnach als ein Elektrolyt, bestehend aus einem einfachen Anion, nämlich Chlor, und einem zusammengesetzten Kathion, gebildet von 1 Aeq. Stickstoff und vier Aeq. Wasserstoff, entsprechend der Formel $NH_4.Cl$.

Versuch 17. Er wurde mit schwefelsaurem Ammoniak angestellt, in gleicher Weise wie der vorige Versuch, nur dafs die Zinkode von Platin war; er lieferte folgende Ergebnisse:

	Beobachtet.		Berechnete Aequivalente.
Gasgemeng im Voltameter	35	Kbzll.	35,4
Sauerstoff von d. Platinode	11,5	Gran	11,66
Wasserstoff von d. Platinode	23,0	»	23,32
Freies Ammoniak	8,0	»	8,5
Freie Schwefelsäure			20

Auch diese Resultate erklären sich durch die Annahme, das schwefelsaure Ammoniak sey nicht $SO_3.NH_3.HO$, sondern $SO_4.NH_4$.

Alle diese Ergebnisse stimmen vollkommen auf eine überraschende Weise mit zwei berühmten Hypothesen, mit der von Berzelius über die Natur des Salmiaks und mit der von H. Davy über die Natur der wasserhaltigen Säuren und deren Salze. Ersterer gemäfs besteht der Salmiak aus Ammonium (NH_4) und Chlor, und zufolge der letzteren sind die wasserhaltigen Sauerstoffsäuren wie die Wasserstoffsäuren binäre Verbindungen von Wasserstoff mit einem Radical, so dafs z. B. die Schwefelsäure aus SO_4 und H, und das schwefelsaure

Natron aus SO_4 und Na bestände, analog wie die Salzsäure ClH und das Kochsalz ClNa ist.

Die einzige nicht damit übereinstimmende Erscheinung ist die Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure, da nicht einzusehen, warum nicht diese in H an der Platinode und in SO_4, d. h. in SO_3 und O, an der Zinkode zerfallen sollte, während sie in H und $\frac{1}{4}SO_3+O$ zerfällt. Indefs wenn auch das Wasser als das ursprünglich Zersetzte angesehen wird, ist es nicht minder schwierig zu begreifen, warum der zur Zinkode geführte Sauerstoff von einem Viertel-Aequivalent Schwefelsäure begleitet wird, und warum diefs Verhältnifs bei verschiedener Concentration der Mischung gleich bleibt, während doch die Leichtigkeit der Elektrolysirung verschieden ist.

Die Bildung secundärer Elektrolyte und zusammengesetzter Anionen und Kathionen liefert wahrscheinlich den Schlüssel zur Erklärung vieler derjenigen gemischten Verbindungen und Zersetzungen, zu welchen das Wasser nothwendig ist, z. B. denen von Salpetersäure mit Metallen und der Bildung von Schönbeins Kette.

Nachträglich fügt der Verf. noch die Beobachtung bei, dafs fixe Alkalien in entgegengesetzter Richtung wie die Säuren fortwandern, sich an der Platinode ansammeln, doch in geringerer Menge als dem entwickelten Gase aequivalent seyn würde.

III. *Ueber die Elektrolyse secundärer Verbindungen; zweite Abhandlung von J. F. Daniell.*

(Auszug aus der vom Hrn. Verf. mitgetheilten Abhandlung in den *Phil. Transact. f.* 1840 *pt. I. p.* 209.)

Beim Nachdenken über die in seiner früheren Abhandlung aufgestellten Ansicht von der Constitution der Sauer-

stoffsalze schien dem Verf., dieselbe würde eine fernere Bestätigung erlangen, wenn es glückte, wenigstens einen der vorausgesetzten Bestandtheile dieser Salze auf seiner Wanderung zwischen den Elektroden gleichsam aufzufangen. Die Möglichkeit dazu schöpfte er aus einem oft von ihm wiederholten Versuche Faraday's, worin Bittererde aus einer Auflösung von Bittersalz gegen eine Fläche von Wasser niedergeschlagen wird [1]). Demgemäfs wählte er nun folgendes Verfahren.

Versuch 18. Einen unten durch Blase verschlossenen Glascylinder füllte er mit verdünnter *Aetzkalilösung*, und liefs denselben in ein weiteres Glas, welches eine concentrirte und neutrale Lösung von *schwefelsaurem Kupferoxyd* enthielt, so weit hinab, dafs er so eben in diese Lösung eintauchte. Dann stellte er in jede Flüssigkeit eine Platinplatte, verband die in der Kalilösung stehende mit dem letzten Zink, und die in der Kupferlösung mit dem letzten Kupfer einer Batterie von 20 Zellen. So wie der Strom durchging, gab die in der Kalilösung befindliche Platte (die Platinode) Wasserstoffgas, und die andere (die Zinkode) Sauerstoffgas, während die Blase, von der auch etwas Gas aufstieg, sich reichlich mit metallischem Kupfer bekleidete, in welches schwarzes Kupferoxyd und blaues Kupferoxydhydrat eingesprengt waren.

Dieser Vorgang erklärt sich so. Das schwefelsaure Kupferoxyd zerfällt in sein zusammengesetztes Anion (Schwefelsäure und Sauerstoff) und sein einfaches Kathion, Kupfermetall. Ersteres geht zur Zinkode und zerfällt dort in Schwefelsäure und Sauerstoff, welcher entweicht. Letzteres, das Kupfer, wandert zur Blase, wird hier aufgehalten und tritt dem aus der Elektrolyse der Kalilösung entspringenden Wasserstoff seine Ladung ab, der nun sich an der Platinode entwickelt. Andererseits

1) Experiment. Untersuch. Reihe VI. §. 494. (Annal. Bd. XXXII. S. 420).

wird auch der Sauerstoff des zweiten Elektrolyt durch die Blase aufgehalten und so gezwungen, seine Ladung dem zusammengesetzten Anion des ersten Elektrolyt abzutreten. Kupfer und Sauerstoff, die sich an der Blase begegnen, verbinden sich also mit einander zu schwarzem Oxyd. Indefs, da die Wirkung rasch geschieht, kann die Verbindung nur zum Theil zu Stande kommen; es bleibt also ein Theil Kupfer im Metallzustand, während ein entsprechender Theil Sauerstoff an der Blase entweicht. Das blaue Hydrat entsteht ohne Zweifel aus blofser Vermischung einer kleinen Portion beider Flüssigkeiten.

Versuch 19, eine Wiederholung des vorhergehenden mit einem schwächeren Strom. Die Blase bedeckte sich mit einem dicken Ueberzug von schwarzem Kupferoxyd, worin nur einige Flitterchen Kupfer sichtbar. Hier hatte die locale Verwandtschaft Zeit, die Verbindung des Kupfers mit dem Sauerstoff fast zu vollenden.

In ähnlicher Weise wurden nun auch andere Metalllösungen mit Kalilösung in Berührung gesetzt und elektrolysirt.

Versuch 20. Aus *salpetersaurem Silberoxyd* schlug sich auf die Blase viel Silber nieder, gemischt mit Silberoxyd; auch entwickelte sich Gas an der Blase. An der Zinkode entwich nicht der gesammte Sauerstoff, sondern ein Theil desselben verband sich durch secundäre Action mit dem Silberoxyd der Lösung zu *Hyperoxyd*. Eine poröse Thonzelle statt der Blase genommen, zeigte im Ganzen dieselbe Erscheinung, doch aber wegen ihrer gröfseren Dicke nicht so gut.

Versuch 21. *Salpetersaures Bleioxyd* gab ähnliche Resultate: metallisches Blei auf der Blase, Bleihyperoxyd an der Zinkode.

Versuch 22. *Schwefelsaures Eisenoxydul:* Niederschlag von schwarzer Farbe, worin mit der Lupe me-

talliche Punktchen erkennbar, die aber beim Abnehmen von der Blase schnell verschwanden.

Versuch 23. *Schwefelsaures Palladiumoxyd* gab metallisches Palladium, doch von geringem Glanz.

Versuch 24. *Salpetersaures Quecksilberoxydul* zeigte die auffallendste Erscheinung. Nicht nur lagerten sich Quecksilberkügelchen auf die Blase ab, sondern diese drangen fortwährend in einem feinen Regen hindurch.

Versuch 25. Schwefelsaure Bittererde lieferte einen reichlichen Absatz von Bittererde auf die Blase, wie beim Faraday'schen Versuch.

Alle diese Resultate befestigten den Verf. in der Ansicht, dafs die anorganischen Sauerstoffsalze Verbindungen seyen von Metallen oder dem Berzelius'schen Ammonium mit zusammengesetzten Anionen. Er schlägt daher eine neue Nomenclatur für sie vor, gebildet mit der Endung *ion*. So nennt er die Verbindung SO_4 *Oxysulphion*, NO_6 *Oxynitrion*, und demgemäfs das schwefelsaure Kupferoxyd: *Kupfer-Oxysulphion*, das schwefelsaure Ammoniak: *Ammonium-Oxysulphion*, das salpetersaure Kali: *Kalium-Oxynitrion* u. s. w.

Ein Haupteinwurf gegen diese Ansicht scheint dem Verf. darin zu liegen, dafs man die angenommenen zusammengesetzten Anionen bisher noch nicht hat isoliren können. Er glaubte indefs in dem von Thenard entdeckten oxydirten Wasser eine Möglichkeit der Isolation dieser Verbindungen zu erblicken und stellte demgemäfs folgenden Versuch an.

Versuch 26. Er nahm die Zelle mit doppelter Scheidewand (Fig. 3. Taf. VI), füllte beide Arme derselben folgweise mit verdünnter Schwefelsäure, verdünnter Phosphorsäure oder einer Lösung von schwefelsaurem Natron, und kühlte den Arm, der die Zinkode enthalten sollte, mit einer Mischung von Salz und Eis bis auf 0° F. ab. Bei Durchleitung des Stroms entsprach der Sauer-

stoff an der Zinkode zwar niemals dem an der Platinode entwickelten Wasserstoff, allein die Leitungsfähigkeit des Systems war durch die niedrige Temperatur sehr verringert, ja endlich durch Gefrieren der Flüssigkeit ganz aufgehoben, so dafs keine entscheidenden Resultate erlangt werden konnten.

Der obigen Ansicht gemäfs würde das Schwefelsäurehydrat ein *Oxysulphion* von *Wasserstoff* seyn, und demgemäfs müfste, bei Elektrolysirung desselben, ein Aequivalent Schwefelsäure an der Zinkode gegen ein Aequiv. Wasserstoff an der Platinode auftreten. Die früheren Versuche lehrten aber, dafs gegen ein Aequiv. Wasserstoff ein Viertel-Aequiv. Säure fortgeführt wird. Diefs veranlafste den Verf. den Gegenstand fernerweitig zu untersuchen.

Versuch 27. Er wiederholte den früheren Versuch mit Anwendung derselben Doppelzelle, nur dafs er das Verbindungsrohr in der Mitte seiner Biegung mit einer offenen aufrechten Röhre versah, um so der sich erwärmenden Flüssigkeit Raum zur Ausdehnung zu gestatten und das Zerreifsen der Blase zu verhüten. Dann füllte er das Ganze mit *verdünnter Schwefelsäure* und bestimmte den Unterschied der Menge desselben in den Zellen, nach Durchgang des Stroms, durch Wägung, durch Fällung mit Baryt, oder durch Neutralisation mit kohlensaurem Natron. Letztere Methode erwies sich am zweckmäfsigsten. Das Resultat vieler solcher Versuche war aber das frühere.

Versuch 28. Es dienten dazu drei Zellen, die durch zwei gekrümmte und an ihren beiden Enden mit Blase verschlossene Röhren in Verbindung standen. Sonst war alles wie vorhin. In der mittleren Zelle und in den beiden Verbindungsröhren erlitt die Menge der Säure nicht die geringste Aenderung. In der Zelle der Platinode zeigte sie aber einen Zuwachs von 8 Gran, und in der der Zinkode eine eben so grofse Abnahme.

Versuch 29, wieder wie No. 27 angestellt, lehrte dasselbe.

Versuch 30, nur darin von No. 29 abweichend, dafs die Zinkode folgweise aus Platin, Kupfer oder amalgamirtem Zink bestand. Wiederum eine Ueberführung von einem Viertel-Aequiv. Säure gegen ein Aequiv. Wasserstoff.

Versuch 31. Die Anwendung des Zinks hatte im vorhergehenden Versuch den Strom beträchtlich verstärkt; diefs bewog den Verf. zu folgendem Versuch. Er ersetzte in seiner constanten Batterie von 10 Zellen drei der amalgamirten Zinkstäbe durch amalgamirte Zinnstäbe und schlofs sie dann mittelst eines Voltameters. In einer Stunde entwickelten sich darin nur 25 Kbzll. Knallgas, während durchschnittlich jeder Zinnstab 22 Gr. oder ein Aequivalent für ein Aeq. Gas verlor. Als er hierauf die sieben mit Zinkstäben versehenen Zellen für sich mit dem Voltameter schlofs, erhielt er dieselbe Gasmenge in acht Minuten. Der Strom war jetzt also über sieben Mal stärker als vorhin. Der Verf. betrachtet diefs Resultat als einen Einwurf gegen die Contacttheorie, da, wie er meint, die elektromotorische Kraft von Zinn-Kupfer sehr wenig, wenn überhaupt, kleiner als die von Zink-Kupfer sey, und doch die Hinzufügung der drei Zinn-Kupfer-Zellen den Strom so aufserordentlich schwächte.

Versuch 32 und 33 wurden in ähnlicher Weise wie die No. 27 bis 30 angestellt, nur mit verdünnter *Phosphorsäure*, deren Gehalt an trockner Säure, nach H. Rose's Methode, durch Glühen mit Bleioxyd, ermittelt war. Mit Anwendung einer Lösung, die ein Achtel ihres Gewichts an trockener Säure enthielt, entwickelte der Strom der Batterie in $2\frac{3}{4}$ Stunden 24 Kbzll. Knallgas, während 3,6 Gran trockner Säure zur Zinkode wanderten. Diefs ist in Aequivalenten wiederum das Verhältnifs 4:1.

Versuch 34, eben so mit *Aetzkalilauge* angestellt (jedoch dabei die Scheidewand von porösem Thon genommen) zeigte, dafs, während ein Aeq. Wasser zersetzt wurde, etwas weniger als $\frac{1}{8}$ Aeq. Kali zur Platinode wanderte. Das entwickelte Knallgas betrug nämlich 35,4 Kbzll., das fortgeführte Kali 5 Gran.

Versuch 35. *Barytwasser* von 1008,5 spec. Gewicht gab dasselbe Resultat, d. h. in 5 Stunden 7,3 Kbzll. Gas oder 1 Aequiv. zersetzten Wassers und 1,53 Gran oder $\frac{1}{8}$ Aequiv. Baryt. Letzterer ward durch Fällung mit Schwefelsäure bestimmt.

Versuch 36. *Strontianwasser* von 1007 spec. Gewicht, eben so angewandt, lieferten in 21 Stunden 32,7 Kbzll. Knallgas und 7,9 Gran Strontian, d. h. auf 1 Aeq. vom ersteren $\frac{1}{8}$ Aeq. von letzterem. Am Schlusse dieses Versuchs war der Strontian so gut wie gänzlich aus der Zinkode-Zelle in die Platin-Zelle getrieben, denn in der ersteren Zelle wurde die Flüssigkeit kaum noch durch Schwefelsäure getrübt und an beiden Elektroden entwich kaum noch eine Gasblase, obwohl die Batterie, sogleich darauf mit einem Voltameter verbunden, auch jetzt noch einen Kbzll. Gas in der Minute entwickelte.

Versuch 37, angestellt mit einer Quantität *Barytwasser* von 1033 spec. Gewicht, die 26,9 Gran Baryt enthielt. Nach 48 Stunden, nach denen die Gasentwicklung an den Elektroden fast gänzlich aufgehört hatte, betrug sie 139 Kbzll. Knallgas und aller Baryt war aus der Zinkode-Zelle fortgewandert. Diefs giebt wieder das Verhältnifs 1 Aeq. Wasser auf $\frac{1}{8}$ Aeq. Baryt.

Der Verf. ging nun zu sauren Salzen über.

Versuch 38. Er bereitete sich eine Lösung von krystallisirtem *saurem schwefelsauren Kali* und bestimmte deren Gehalt an freier Säure durch Sättigung mit Kali, so wie deren Gehalt an neutralem schwefelsauren Kali durch Abdampfen und Glühen mit kohlensaurem Ammoniak. Hierauf brachte er ein gleiches Maafs der Lösung in die

Doppelzelle mit doppelter Scheidewand und elektrolysirte sie, bis sich 70,8 Kbzll. Knallgas entwickelt hatten. Die Untersuchung der Flüssigkeit in den beiden Armen der Zelle zeigte, dafs währenddefs die Zinkode-Lösung 18 Gran Säure gewonnen und die Platinode-Lösung 19 Gran Säure verloren, dagegen die erstere Lösung 15 Gr. neutrales Sulphat, entsprechend 8,2 Gran Kali, verloren und die letztere étwas weniger gewonnen hatte.

Versuch 39. Eine Wiederholung desselben Versuchs gab an Säure für die Zinkode einen Gewinn von 18 Gran und für die Platinode einen Verlust von 19 Gran, dagegen an Kali für die Platinode einen Gewinn von 9,9 Gran und für die Zinkode einen genau gleichen Verlust.

Das Gesetz der Elektrolyse der *sauren Salze* ist also ganz anders als das der *neutralen*. Die Lösung leitete sehr gut, aber dennoch wurde, geschätzt nach dem zur Platinode geführten Kali, nicht mehr als ein Fünftel-Aequivalent zersetzt gegen ein Aequivalent an derselben Elektrode entwickelten Wasserstoffs. Diefs war begleitet von der Fortführung eines halben Aequivalents Säure zu der Zinkode, wo ein ganzes Aeq. Sauerstoff entwich.

Der Verfasser glaubt, der Strom habe sich in diesem Fall zwischen den beiden Elektrolyten getheilt, sey zum kleineren Theil durch das neutrale schwefelsaure Kali, zum gröfseren dagegen durch die Schwefelsäure und das Wasser auf die beschriebene Weise geleitet worden, ähnlich wie der Strom sich zwischen zwei und mehreren metallischen Leitern nach umgekehrtem Verhältnifs von deren Widerständen vertheilt.

Dieser bisher noch nicht aufgestellten Ansicht gemäfs, könnte man die wasserhaltige Schwefelsäure als ein Gemisch von *Wasserstoff-Oxysulphion* ($SO_4 + H$) und Wasser (HO) betrachten, und annehmen der Strom theile sich so zwischen diesen Elektrolyten, dafs ein Aeq. des Oxysulphions gegen ein Aeq. Wasser zerlegt werde.

Analog hätte man die Kalilösung als ein Gemisch der beiden Elektrolyte: *Kali* und *Wasser* anzusehen und vorauszusetzen, der Strom theile sich zwischen ein Aeq. von ersterem und drei Aequiv. von letzterem. Bei der Lösung des doppelt-schwefelsauren Kalis wäre anzunehmen, dieselbe sey ein Verein von drei Elektrolyten, nämlich *Kalium-Oxysulphion* ($K.SO_4$) *Wasserstoff-Oxysulphion* ($H.SO_4$) und *Wasser* (HO) und der Strom zersetze ein Aeq. vom ersten, ein Aeq. vom zweiten und zwei vom dritten. Damit würden die beobachteten Resultate erklärt seyn.

Zur Stütze dieser Ansicht beruft der Verf. sich auf die Erscheinung bei Fällung des Kupfers in seiner constanten Batterie. So lange die Kupfervitriollösung neutral ist, schlägt sich aus derselben das Kupfer in einer compacten Masse nieder und schliefst sich dabei aufs innigste allen Gestaltungen der Platinode an, wie diefs zuerst vom Verf. an Feilstrichen auf einer Platinplatte bemerkt und später von Jacobi und Spencer in vollkommnerem Maafse beobachtet und benutzt worden ist. Diese Fällungsweise verträgt sich nicht wohl mit der bisherigen früher auch vom Verf. getheilten Ansicht, dafs das Kupfer nur durch entstehenden Wasserstoff reducirt werde, sondern stimmt weit besser mit der, dafs es das unmittelbare Produkt der Elektrolyse sey. Sobald sich aber ein bedeutender Theil des Metalls aus der Lösung abgeschieden hat, und diese dadurch stark sauer geworden ist, fällt das Metall nicht mehr im compacten, sondern im pulverförmigen Zustand nieder, ohne Zweifel deshalb, weil dann zwei Elektrolyte, *Wasserstoff-Oxysulphion* und *Kupfer-Oxysulphion,* in der Flüssigkeit vorhanden sind, beide vom Strom zersetzt werden, und der aus dem ersten abgeschiedene Wasserstoff auf den zweiten Elektrolyt einwirkt.

Versuch 40. Um den nachtheiligen Einflufs dieses Vorgangs bei galvanoplastischen Versuchen zu entfernen,

bewerkstelligt der Verf. die Fällung des Kupfers in einer besonderen, mit einer constanten Batterie verbundenen Zersetzungszelle, die Kupfervitriollösung und eine Zinkode von Kupfer enthält. Die freigewordene Säure sättigt sich dann wieder auf Kosten der Zinkode mit Kupfer.

Zum Schluſs seiner Abhandlung theilt der Verfasser noch einige nachträgliche Beobachtungen über die Elektrolyse secundärer Verbindungen mit.

Versuch 41. Er brachte successive *kohlensaures Kali, Natron* und *Ammoniak* in den Apparat mit doppelter Scheidewand und versah die Zinkode-Zelle mit Liebig's Apparat zur Auffangung der Kohlensäure. Sonst wie vorhin verfahrend, fand er dann, daſs Kohlensäure und Sauerstoff an der Zinkode aequivalent waren dem Alkali und Wasserstoff an der Platinode. Er betrachtet demnach auch die kohlensauren Salze als Oxicarbonione von Kalium, Natrium, Ammonium u. s. w.

Versuch 42. *Oxalsaures Ammoniak* lieferte an der Platinode Ammoniak und Wasserstoff und an der Zinkode nichts als Kohlensäure, entstanden als secundäres Product aus der dahin geführten Oxalsäure und Sauerstoff. Dieſs Salz ist also auch *Oxalion vom Ammonium* $=CO_4.NH_4$.

Versuch 43. *Weinschwefelsaures Kali*, gab analog, in aequivalenten Verhältnissen, Weinschwefelsäure und Sauerstoff an der Zinkode, Kali und Wasserstoff an der Platinode, übereinstimmend mit der Ansicht, daſs dasselbe *Kalium-Sulphovinion* sey.

Endlich berührt der Verf. noch die Becquerel'sche Kette, bekanntlich gebildet aus Kalilösung und Salpetersäure, die durch eine Scheidewand getrennt sind, und jede eine Platinplatte aufnehmen, von denen, wenn sie verbunden werden, die in der Kalilösung Sauerstoff entwickelt. Der Verf. gesteht, daſs er sich die Entstehung des Stroms bei dieser Kette niemals habe aus

der Verbindung des Kalis mit der Säure erklären können. Er meint indeſs, seine Ansicht liefere eine genügende Erklärung, denn nach derselben, nach welcher die Säure Wasserstoff-Oxynitrion ($H.NO_6$) ist, würde, bei Verbindung der Säure mit dem Kali, der Wasserstoff aus ersterer mit dem Sauerstoff des letzteren zu Wasser zusammentreten, dann das abgeschiedene Oxynitrion aus einem nächsten Oxynitrion-Theilchen Wasserstoff, das Kalium aus einem nächsten Kali-Theilchen Sauerstoff aufnehmen und so fort, gemäſs dem Schema

$$OK \,,\, OK \,,\, OK \,\|\, NO_6.H \,,\, NO_6.H \,,\, NO_6.H$$

und so würde sich das Erscheinen von Sauerstoff und Wasserstoff an den Platten, so wie überhaupt die Entstehung des Stroms, der wohl nicht von der Contacttheorie zu erklären sey, begreifen lassen.

IV. *Ueber Volta'sche Zersetzungen wässriger und alkoholischer Lösungen; von Arthur Connell.*

(Freier Auszug aus dem *Phil. Mag. Ser. III. Vol.* 18. *pag.* 241 *et* 353.)

Durch diese Untersuchung sucht Hr. Connell die bisher wohl ziemlich allgemeine Meinung zu vertheidigen, daſs es bei Volta'schen Zersetzungen von wässrigen und weingeistigen Lösungen immer das Wasser sey, welches unmittelbar durch den Strom zersetzt werde, während Hr. Daniell in den vorhergehenden Abhandlungen, die indeſs Hrn. Connell unbekannt geblieben zu seyn scheinen, gerade die entgegengesetzte Ansicht aufstellt.

Die Versuche, welche Hr. Connell zur Stütze seines Satzes beibringt, sind hauptsächlich folgende:

Er füllt zwei Gläser, das eine mit Wasser, das andere mit einer Auflösung von Stärkmehl in destillirtem

Wasser, der eine wässrige Lösung von Bromjod hinzugesetzt worden ist, verbindet sie dann durch einen mit Säure und Wasser wohl ausgewaschenen dicken Bündel kurzer Asbestfäden unter sich und durch eingestellte Platinplatten mit den Polen einer kräftigen Batterie, einer nach Cruickshank's Construction von 50 Paaren zweizölliger Platten.

Wenn es der negative Pol ist, der in der Bromjodlösung steht, so erfolgt an diesem sogleich eine Ausscheidung von Jod, die sich durch die Bläuung des Stärkmehls deutlich zu erkennen giebt, während an dem positiven Pol Sauerstoffgas entweicht. Diefs sieht aus, sagt Hr. C., wie wenn das Bromjod direct zersetzt würde. Es ist indefs leicht zu zeigen, dafs diese Zersetzung nur eine secundäre ist. Man kehre nämlich den Versuch um, stelle den positiven Pol in die Bromjodlösung. Dann hat man an beiden Polen eine lebhafte Gasentwicklung, aber das Stärkmehl bleibt farblos, es scheidet sich nicht die geringste Spur von Jod aus. Mithin wird das Bromjod nicht zersetzt, und die Zersetzung im ersten Fall ist nur eine secundäre, hervorgebracht durch den am negativen Pol entbundenen Wasserstoff.

[Ohne gerade die in Rede stehende Frage entscheiden zu wollen, glaube ich doch bemerken zu müssen, dafs der angeführte Versuch keinen einwurfsfreien Beweis für Hrn. Connell's Meinung abgiebt. Denn gesetzt, es würde das Bromjod unmittelbar vom Strom zerlegt: kann man in dem zweiten Fall eine Ausscheidung von Jod erwarten? Ich glaube nicht. Denn der Sauerstoff des im anderen Gefäfse zersetzten Wassers wird durch Vermittlung der Asbestfäden gegen das Jod getrieben und mufs sich mit demselben verbinden; es wird also Jodsäure entstehen, die nicht das Stärkmehl bläut. In beiden Versuchen wird das Jod zum *negativen* Pol getrieben; nur besteht im *ersten* Fall dieser Pol aus *Platin*, mit welchem das Jod sich schwer oder gar nicht

verbindet, und im *letzteren* aus *Sauerstoff*, mit welchem es leicht in Verbindung tritt. Es ist ganz so, wie wenn die negative Polplatte zwar beide Mal in das Bromjod gestellt wäre, sie aber das eine Mal aus *Platin*, das andere Mal aus *Zink* bestanden hätte. Diefs läfst sich wenigstens gegen Hrn. Connell's Behauptung einwenden. Alle seine übrigen Versuche sind gleichem Einwurfe ausgesetzt, daher wir hier auch nur noch einige mittheilen wollen. *P.*]

Die Bromjodlösung wurde durch verdünnte *Jodwasserstoffsäure* ersetzt und wie vorhin durch Asbestfäden mit einem zweiten, destillirtes Wasser enthaltenden Gefäfs verbunden. Bei Schliefsung der Säule, so, dafs der negative Pol in der Säure stand, entwickelte sich an diesem Wasserstoff und an dem anderen Sauerstoff, ohne dafs die Flüssigkeiten sich im mindesten trübten; erst nach 10 Minuten wurde das letztere schwach gelb. Bei Vertauschung der Pole wurde dagegen sogleich Jod mit branner Farbe ausgeschieden, ohne alle Gasentwicklung, während an dem negativen Pol Wasserstoff entwich.

[Der Versuch ist dem vorhergehenden ganz analog; nur schied sich hier das Jod am positiven Platinpol aus, weil es positiv gegen Wasserstoff ist, während es früher gegen Brom das negative Element war. *P.*]

Ein Versuch mit einer nicht zu verdünnten *Chlorwasserstoffsäure* gab ganz analoge Resultate; reichliche Chlorentwicklung am positiven (*Platin*) Pol, keine am negativen [d. h. keine am positiven *Wasserstoff-Pol. P.*]

Ganz so verhielt es sich mit einem andern Versuch, wo absoluter Alkohol, mit jodwasserstoffsaurem Gase gesättigt, statt der wässrigen Jodwasserstoffsäure genommen wurde.

Auch auf Metalllösungen, wie Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd, Chlorzink, salpetersaurem Silberoxyd hat der Verf. seine Versuche ausgedehnt. Eine solche

solche Lösung, verbunden durch Asbest mit einem Gefäfs voll Wasser, gab ihm sogleich einen metallischen Niederschlag am negativen Pol, als dieser Pol in der Metalllösung und der positive im Wasser stand; dagegen erhielt er keinen solchen Niederschlag, wenn er die Pole vertauschte.

[Das letztere Resultat würde einigermaafsen für Hrn. C. sprechen; allein es fragt sich, ob es richtig sey. Auch Hr. Daniell führt ja einen Versuch an, wo sich Kupfer auf die Blase niederschlug, welche die Lösung dieses Metalls von der anderen, den negativen Pol aufnehmenden, Flüssigkeit trennte. Es wäre übrigens auch möglich, und dafür finden sich auch Andeutungen in Daniell's Versuchen, dafs das an dem Asbest reducirte Metall durch den an der anderen Zelle gleichzeitig dahin geführten Sauerstoff oxydirt und somit von der frei gewordenen Säure wieder gelöst wurde. *P.*]

Wenig Widerspruch wird wohl die schon früher vom Verf. durch Versuche vertheidigte Ansicht finden, dafs bei der Elektrolysirung des Alkohols immer nur das Wasser zersetzt werde; aber nicht recht einzusehen ist, wie diese Ansicht gerade darin eine Stütze finden könne, dafs, wie er gefunden, die stets nur schwache Zersetzbarkeit des Alkohols durch Zusatz einer geringen Menge Kali (schon $\frac{1}{10000}$) beträchtlich erhöht wird. Man sollte meinen, diese Beobachtung spräche gerade für Herrn Daniell.

Endlich glaubt Hr. C. auch noch die Frage entschieden zu haben, wie die Haloidsalze in Wasser oder Alkohol gelöst sind. Zu dem Ende bringt er Lösungen solcher Salze z. B. von Chlorkalium, Chlorcalcium, in ein Gefäfs, und verbindet dasselbe durch Asbestfäden mit zwei Gefäfsen voll Wasser, in welche die Polplatten der Säule gestellt sind. Da findet er denn in den beiden äufseren Gefäfsen und den entsprechenden Seiten des

mittleren, respective Chlorwasserstoffsäure und Alkali, und diefs sieht er als Beweis an, dafs Chlorkalium und Chlorcalcium als chlorwasserstoffsaure Salze im Wasser gelöst enthalten sind. — Ich mufs indefs bekennen, die Kraft auch dieses Beweises nicht einsehen zu können; denn offenbar wird dasselbe Resultat erfolgen, wenn man annimmt, das Chlorkalium sey als solches im Wasser gelöst, werde unmittelbar durch den Strom in Chlor und Kalium zerlegt, und diese verbinden sich respective mit den aus den äufseren Gefäfsen zugeführten Wasserstoff und Sauerstoff. *P.*

V. *Ueber die Morgen- und Abendwinde in Gebirgen; von J. Fournet.*

(Schlufs von S. 511.)

Col des Mont Cenis.

Vom Anbeginn meiner Untersuchungen hatte eine Beobachtung von Saussure immer den Wunsch erregt, die atmosphärischen Fluthungen am Mont Cenis zu studiren. Am Tage, als er sich daselbst befand, bliesen in Savoyen und Piemont entgegengesetzte Winde und sie begegneten sich in dem Col, wo die Wolken von beiden Enden her anlangten. Es stand also zu glauben, dafs er bald davon erfüllt gewesen seyn würde, allein dem war nicht also. In dem Maafse als sie eintraten, sowohl auf dieser als auf jener Seite, wurden sie durch einen aufrechten Wind gehoben, der sie gänzlich auflöste, so dafs, ungeachtet der fortdauernd anlangenden Wolkenmassen, die Luft immer klar und heiter blieb. Allein zuletzt erkaltete das Bassin; am Abend hörte der aufrechte Wind auf und diese hohe Ebene wurde von einem ungemein

dicken Nebel bedeckt; endlich, während der Nacht, fielen diese in den oberen Regionen der Atmosphäre angehäuften Dämpfe wieder nieder, und es regnete noch am andern Tage.

Das Detail dieser Phänome paſst, wie man sieht, ziemlich gut auf einige der Umstände einer sehr ausgeprägten atmosphärischen Fluth und lieſs mich glauben, der Col des Mont Cenis sey eine sehr geeignete Station zum Studium derselben. Allein, so wie ich dort ankam, fand ich, daſs dem nicht so sey.

Zunächst bildet der Col nur einen orographischen Punkt von geringer Wichtigkeit in der Gesammtheit des ihn umgebenden alpinischen Systems. Weit höhere Gipfel überragen ihn und der Effekt dieser muſs nothwendig vorwalten. Andrerseits liegt er zwischen den beiden groſsen Thälern von Oulx und Maurienne, die nicht daselbst endigen. Folglich kann er höchstens nur die Wirkung der Seitenverzweigungen des ersten, durch die tiefe Depression der Novalaise, empfinden, denn der Abhang von Maurienne bietet keine erhebliche Verzweigung dieser Art dar. Ueberdieſs bildet er eine Art hoher Ebene, in welche das untergeordnete Thal des kleinen Mont Cenis, welches selbst eine seinen Dimensionen angemessene Rolle spielen muſs, sich verläuft. Endlich muſs, vermöge seiner Lage, quer gegen die Richtung der herrschenden Nord- und Süd-Winde, die Wirkung der Brise daselbst oft vernichtet werden. Es kann daher auch nicht auffallen, daſs, wie mich der Pat. Dom Octavien, Prior des Hospizes, der sich bisweilen mit meteorologischen Beobachtungen beschäftigt, versichert hat, die Regelmäſsigkeit der Brise von Maurienne in diesem Col nicht mehr existirt, hier vielmehr entgegengesetzte Winde bisweilen plötzlich auf einander folgen, zusammenstoſsen und dabei die von der Gestaltung der Depression vorgezeichnete Richtung annehmen, obgleich mit geringerer

Heftigkeit, als auf dem grofsen St. Bernhard, wegen der geringeren Breite des dortigen Bassin. Die beiden Tage, welche ich an diesem Ort verweilte, bestätigten die Ansicht vollkommen. Nur während der Mitte der Nacht konnte ich, pausenweise, einige Spuren von herabsteigenden Winden wahrnehmen und noch dazu wurden sie von den allgemeinen Winden, die in den oberen Regionen herrschten, stark zurückgedrängt.

Thäler von Novalaise und Oulx.

Am 26. Aug., 7 Uhr Morgens, verliefs ich den Mont Cenis, um nach Italien hinunter zu steigen. Der Südwind, der drei Tage zuvor mit Heftigkeit geweht hatte, furchte nur schwach die Oberfläche des Sees und die Sonne vermochte nicht, die Wolkenbank zu durchdringen, die sich während der Nacht bis zu etwa einem Drittel der Höhe der Berge des Col herabgesenkt hatte. Dennoch wurde dieser Schleier gegen acht Uhr zerrissen und die Fetzen, getrieben vom Südwind, verdeckten und entblöfsten abwechselnd die Ronche, den Roche Michel und die Rocca Melone. Endlich, gegen Mittag, fielen einige Tropfen Regen.

Obgleich diese Wolkenbewegung in Uebereinstimmung geschah mit der Richtung der tiefen Depression der Novalaise, so mufste doch das Anhalten des Südwindes, zwei Tage lang, glauben lassen, dafs sie nur dessen allgemeiner Wirkung gehorchte. Eine etwas stark aufsteigende Fluth hätte die Wolken wenigstens bis zum Niveau der Gipfel heben müssen, während sie sich immer darunter hielten. Endlich hatte sich, obgleich in den Ebenen Italiens der Wind Nordost war, der Gegenwind auf dem grofsen St. Bernhard und in Genf vollständig ausgebildet, so dafs ich die aufsteigenden Stofswinde, welche ich während des Hinuntersteigens empfand, nicht beachtete.

Allein gegen 2 Uhr Nachmittags fand ich zu Susa

eine Temperatur von 25° C. und einen sehr lebhaften Wind in Richtung auf Exilles und den Mont Genèvre, und mithin in senkrechter Richtung auf die Lombarde. Man kann also nicht anstehen zu glauben, daſs dieſs ein wahrer Thalwind sey. Wenn man dennoch daran zweifelte, so könnte ich die Beobachtungen des Paters Dom Octavien anführen, der, vorlängst durch Herrn Billiet darauf aufmerksam gemacht, sich versicherte, daſs die täglich aufsteigenden Winde in dem Thale von Oulx eben so regelmäſsig sind, wie in dem von Maurienne obgleich beide Becken neben einander und in entgegengesetzter Richtung liegen, ein Umstand, der ein neues Beispiel liefert, von der wechselseitigen Unabhängigkeit der atmosphärischen Fluth und Ebbe in Gebirgen.

Thal von Aosta und Cogne.

Im Thale von Aosta habe ich Herrn d'Aubuisson zum Vorgänger, der uns vom Monte-Gregorio, bei Ivrea, eine interessante Reihe von Beobachtungen hinterlassen, und in seiner *Description géologique du departement de la Doire* das Daseyn eines periodischen Windes, der täglich von 10 Uhr Morgens bis gegen Abend weht, nachgewiesen hat. Ich hatte mich also nur noch mit den Einzelheiten seines Ganges, sowohl in dem groſsen Thal als in dessen Verzweigungen, zu beschäftigen.

Am 5 September fand ich den aufsteigenden Wind wie gewöhnlich bereits ausgebildet; allein gegen 7 Uhr Abends, nachdem ich den Engpaſs von Bard durchschritten hatte, begannen die ersten absteigenden Brisen sich fühlbar zu machen, wegen der frühen Stunde jedoch noch in unregelmäſsiger Weise; allein ich fand sie noch zu Verrés, wo sich während der ganzen Nacht zeitweise umgekehrte Brise äuſserten.

Diese Unregelmäſsigkeit fiel mir um so mehr auf, als ich, weiter reisend, am 6. Septbr. 5 Uhr Morgens

beobachten konnte, dafs sie zwischen Verrès und dem Mont Jovet nicht existirte, hier vielmehr der Wind ein gleichförmig absteigender war. Diese örtliche Anomalie und spätere Regelmäfsigkeit entspringt daraus, dafs zwischen Verrès und dem Mont Jovet, das Thal von Aosta eine regelmäfsige Structur besitzt, ohne merkliche Seitenzweige, während an dem ersten Punkt das secundäre Thal von Chollant einmündet. Diefs bewirkt einen Zusammenstofs zweier Ströme unter rechtem Winkel, wodurch nothwendig Wirbel und in Folge defs auch die unregelmäfsigen Windstöfse, die wir zu St. Jean-de-Maurienne wahrnahmen, entstehen müssen. Uebrigens wird diese Ansicht späterhin noch eine andere Bestätigung erlangen.

Zwischen Verrès und dem Mont Jovet, in dem regelmäfsigen Theil des Thals von Aosta, beobachtete ich besonders den merkwürdigen Einflufs der Tagwinde auf die Entwicklung der Vegetation.

Diese Ströme sind daselbst sehr heftig und üben in der Länge auf die Bäume eine solche Wirkung aus, dafs diese gegen den herrschenden Wind ein reiches Laubwerk entfalten, in der umgekehrten Richtung, gegen den Nachtwind, aber fast davon entblöfst sind; dadurch erhalten sie das Ansehen eines Haarschopfes, der von der Stirn eines Mannes zurückgeschlagen, in grofsen Locken auf die Schultern herabhängt. In dieser Beziehung könnte man sie mit den Thieren niederer Ordnung, z. B. mit den Polypen der tropischen Meere, vergleichen, die sich in den Theilen, welche den die Nahrung herbeiführenden Strömen ausgesetzt sind, kräftig entwickeln, dagegen auf der andern Seite so verkümmern, dafs sie die hohle Gestalt eines Hufeisens annehmen[1]).

Ich setzte meine Reise nach St. Vincent und Châtillon

[1]) Die hufeisenförmige Gestalt der meisten Koralleninseln hat indefs bekanntermaafsen einen andern Grund. P.

fort, wo ich um 7 Uhr Morgens anlangte. Auf dieser Strecke erweitert sich das Becken der Dora und ändert dabei plötzlich seine Richtung in eine ostwestliche.

Ungeachtet dieser Gestaltveränderung bildete der aus diesen Dörfern aufsteigende Rauch noch eine scheinbar stagnirende Bank, in geringer Höhe über dem Boden des Thals, und bergab eine ziemlich bedeutende Strecke fortsetzend, wo sie sich nach und nach verlor. Erst gegen 9½ Uhr, in der Umgegend von Chambare, bei blassem Sonnenschein und einer Temperatur von 18° C., begannen die ersten aufsteigenden Brise, und sie behielten ihre Richtung bis zu unserer Ankunft bei Aosta, um 1 Uhr Nachmittags. Indeſs beobachtete ich bei Annäherung an diesen Ort Anomalien, die in den Abend hinein bis Aimaville fortdauerten, ungeachtet die Stunde der Umkehr heranrückte oder schon eingetreten war.

Fernere Beobachtungen müssen entscheiden, ob man die rein zufällige Ursache einem Westwinde zuschreiben muſs, der, wie mir der Gastwirth in Cogne versicherte, in den oberen Regionen herrschte, oder ob die Convergenz der Thäler des groſsen und kleinen St. Bernhard, dominirt, einerseits von den Massen des Mont Vélan, des Col de Ferret und andrerseits durch die noch höheren Gletscher des Mont Blanc, des Cramont und des Rutor, einen ungleichen Einfluſs von permanenter Ordnung ausüben. Die meteorologischen Beobachtungen zu Genf und auf dem St. Bernhard würden der Aussage unseres Wirthes widersprechen; allein da diese Stationen nicht genau in der Breite von Aosta liegen, so kann man dieselbe nicht ganz verwerfen und unglücklicherweise lassen die Beobachtungen von Turin, welche die Frage entscheiden könnten, für diesen Tag eine Lücke. Wie dem auch sey, die Ungewiſsheiten im Thal von Aosta nahmen ein Ende, als wir, nach Sonnenuntergang, in die enge Schlucht von Cogne traten. Hier war der Wind regelmäſsig herabsteigend und befolgte also die Richtung SO. bis NO.,

welche sich bis zu unserer Ankunft im Dorfe um 9 Uhr Abends erhielt. Dann artete er in eine westliche Brise aus, die auch noch durch den fraglichen Westwind zu erklären ist, so wie auch durch die Lage des Orts in einer beträchtlichen Erweiterung, gebildet von der Durchkreuzung anderer Hochthäler, deren wichtigstes, das von Valinole, die vorherrschendste Wirkung ausüben mufste. Ungeachtet dieser Auflösung, wiederhole ich, dafs ich weit entfernt bin, die Möglichkeit eines Westwindes zu läugnen; denn am Morgen schien die Sonne bleich, am Abend war der Himmel abwechselnd heiter und bedeckt, im ganzen drohend, und endlich, wie man aus den zu diesen Beobachtungen gehörigen Thermometer-Resultaten sehen wird, bot die Temperatur in der Nacht eine Anomalie dar. Glücklicherweise waren diese Prognostica nicht von Folgen; der Himmel klärte sich vollkommen auf und am andern Morgen, den 7. Septbr., hatten wir prachtvolles Wetter.

Um 6 Uhr Morgens machten wir uns auf den Weg nach den Gruben, längs der engen und feuchten, von Wasserfällen bewässerten Schlucht von Durtier. Der herabsteigende Wind war lebhaft und eisig; allein über die Beschäftigung mit geologischen Untersuchungen versäumte ich, den genauen Zeitpunkt seiner Umkehr, die indefs gleich auf den Moment, da das Bassin von der Sonne beleuchtet ward, erfolgte. Gegen Mittag war dieser Luftstrom, der längs den schroffen Gebirgsabhängen in die Höhe stieg, so heftig geworden, dafs ich mich einige zwanzig Schritt von meinem Reisegefährten, dem Ingenieur des Mines, Ritter Melchioni, entfernt halten mufste, um nicht durch den Staub und Sand zu erblinden, den unsere Füfse von dem langen und jähen Abhange, auf welchem die Bergleute die Erze herunterrutschen, erhoben.

Eine so aufserordentliche Erscheinung konnte offenbar nicht blofs das einfache Resultat einer atmosphäri-

schen Fluth seyn und daher überraschte es mich nicht, aus den gleichzeitigen Beobachtungen zu Genf, St. Bernhard und Turin zu ersehen, dafs Nordwinde geherrscht hatten, die sich, in dem Thal von Cogne verfangend, mit dem örtlichen aufsteigenden Luftstrom zu dem angegebenen Resultate combinirten.

Das Zeugnifs der Landesbewohner reicht hin, das Daseyn eines periodischen Windes von etwa zehn Uhr Morgens bis Sonnenuntergang zu bestätigen. Allein sie glauben, derselbe gehe vom Mont-Blanc aus. Dieser Berg ist es, sagen sie, der ihn uns schickt; und wirklich ist die Lage dieser riesenhaften Masse am Ende ihres Horizonts wohl geeignet, die Idee einer meteorologischen Wirkung einzuflöfsen. Wenn sie über die Ursache im Irrthum sind, haben sie wenigstens die Thatsache nicht misskennen können, und die folgenden Resultate bestätigen diese vollends.

Um 5¼ Uhr Abends, nach meiner Abreise von dort, hatte nämlich der Wind seine Heftigkeit verloren, ungeachtet ich mich damals in dem verengten Theil befand, welcher den Giefsbach von Cogne umschliefst, und die Sonne noch auf die Gipfel schien. Um 7½ Uhr begann er umzuwenden und bald darauf ward er ganz deutlich herabsteigend. Eine so plötzliche Umkehr scheint den engen Schluchten eigenthümlich, denn in dem grofsen Thal von Aosta, zeigten sich noch aufsteigende Brise, die, obwohl ohne sonderliche Stärke, bis 9 Uhr Abends anhielten. Ich mufs noch hinzufügen, dafs derselbe Unterschied in dem Gange der Luftströme aus den Haupt- und deren Nebenthälern bestätigt, was ich bei Gelegenheit der Unregelmäfsigkeiten bei deren Vereinigung gesagt habe.

Am Abend des 8. Septbr. verliefs ich Aosta, um auf meine Wege zurückzukehren. Der Thalwind war in der Höhe von Villefranche herabsteigend geworden und blieb so den Rest der Nacht. Bei Nus, gegen 9 Uhr, erlangte

er sogar eine solche Stärke, dafs er ein Licht ausblies. Vergleicht man, beiläufig gesagt, ein so rasches Resultat, mit dem ungewissen vom 6. und dem langsamen vom 7., so findet man, dafs die aufsaugende Wirkung nach atmosphärischen Umständen verschieden ist. Dennoch war der heutige Tag anscheinend eben so schön, als der gestrige; die Nächte waren sogar absolut heiter und schienen, die eine wie die andere, zur nächtlichen Strahlung mit gleicher Leichtigkeit geeignet. Es wäre demnach zu wünschen, dafs mehrere an günstigen Orten ansässige Beobachter sich gleichzeitig diesen Untersuchungen widmen wollten, da sie interessante meteorologische Schlüsse zu versprechen scheinen.

Einstweilen kann ich als eine der Ursachen der Pünktlichkeit des Resultats vom 8., aller Wahrscheinlichkeit nach, den Eintritt des Südwestwindes bezeichnen, welcher, den Angaben zufolge, damals zu Genf wie zu Turin herrschte und sich am andern Morgen auch auf dem St. Bernhard zeigte.

Am 9. Septbr. war der Nachtwind des Hauptthals noch um $4\frac{1}{2}$ Uhr Morgens herabsteigend; unglücklicherweise war meine Zeit dem Besuch der Gruben von Saint-Marcel gewidmet und so konnte ich erst bei meiner Rückkehr nach Nus beobachten, dafs er um $6\frac{1}{4}$ Uhr Abends wie gewöhnlich aufsteigend war; hernach legte er sich und bliefs intermittirend bis 9 Uhr, da die Ermüdung mich vom weiteren Studium abhielt. Dagegen erfuhr ich von den Bauern, dafs zur Zeit, als die Kupfergruben von St. Marcel noch bebaut wurden, der Buchweizen und die Hülsenfrüchte um Fénis, einem Dorfe im Grunde des Thals von Aosta, mehr als 1000 Meter unterhalb der Gruben, sehr viel von den Dämpfen aus den Rostöfen zu leiden hatten. Diese Erscheinung läfst sich nur erklären durch die Nachtwinde, welche die schwefligen Dämpfe langsam mit sich führten und sie in einem der Vegetation weit schädlicheren Zustand von

Verdichtung erhielten, als die Tageswinde, welche sie durch ihre Heftigkeit und Unregelmäfsigkeit bald zerstreut, sie übrigens auch gegen die nackten oder mit Nadelhölzern und andern starken Bäumen bewachsenen Gipfel erhoben haben würden.

Am 10. Septbr., in den Morgenstunden, stieg die Brise regelmäfsig herab; allein zu Verrès, wo ich gegen 7 Uhr anlangte, war sie abwechselnd, wie ich sie am Abend und am Morgen des 5. und 6. gefunden hatte. Indefs war die Hauptsumme der Ströme eine herabsteigende.

Etwas weiterhin, wo die Landstrafse sich an den Abhängen des rechten Ufers der Dora hinwindet, bemerkte ich, dafs der herabsteigende Luftstrom mir beständig ins Gesicht schlug, wenn ich den Kopf in die Höhe richtete, und dieselbe Ursache gab dem Rauch einer Cigarre eine schiefe Richtung gegen die Centralaxe des Thals. Diese Erscheinung zeigt, dafs die Luft gleichsam in Cascaden von der Höhe der Berge herunter fällt und die allgemeine Richtung der Concavität erst annimmt, wenn sie sich diagonal ihrem mittleren Theile nähert, welches die wahre Linie ist, nach welcher das Herabfliefsen geschieht. Schon am Abend beim Hinuntersteigen von Cogne hatte ich eine ähnliche Beobachtung gemacht, allein damals legte ich ihr noch nicht eine solche Allgemeinheit bei.

Um 7½ Uhr Morgens, in dem Engpafs von Bard, hatte die Atmosphäre nur noch eine schwache Neigung zum Herabsteigen. Diefs zeigte sich durch Zwischenzeiten einer vollkommenen Ruhe und einer Bewegung, denen sehr schwache Rückbewegungen folgten. Endlich, um 8 Uhr, ward das Aufsteigen beständig und um 9 Uhr war es lebhaft.

Das Wetter war drückend heifs, die Sonne bleich. In den Ebenen von Turin herrschten West- und Südwest-, in den Höhen wie an dem Westabhange der Alpen aber Nordwind. Zwischen Carême und Settime be-

obachtete ich rings um die Seitengipfel Wolkengruppen, welche am Tage über anwuchsen, so dafs sie wie Gewitterwolken aussahen aber dennoch blieb das Zenith des Thales rein; diese Erscheinung zeigte sich schon am Tage zuvor, denn damals sah ich von den Anhöhen von St. Marcel aus sehr dichte Dünste sich über den Alpen von Gressoney anhäufen; sie waren das Vorspiel jener erschrecklichen Gewitter, die der entsetzlichen Dürre dieses Sommers bald ein Ende machten, und diese Vorläufer einer ungeheuren atmosphärischen Perturbation wiederholten sich täglich bis zum 12. Septbr., wobei die Nacht jedesmal die am Tage angehäuften Dünste zerstreute.

Thäler von Gressoney und der Sesia.

Am Abend des 12., als ich zu Gressoney-la-Trinité war, sah ich auf Seite der Höhen des Mont Cervin und des Rothhorn die ersten Blitze; indefs führte die Nacht mit ihren herabsteigenden Thalwinden (Brises) nochmals diese Gewitterwolken hinweg, und am Morgen des 13. war die Luft von einer solchen Klarheit, dafs die kleinsten Züge in der Structur des Lyskamm, dieses herrlichen Fortsatzes des Monte Rosa, in ihrer ganzen Reinheit hervortraten. Ich entschied mich also durch den Pafs von Ollen zu wandern, allein die aufsteigende Brise vereint mit dem Südwest, der damals von Genf bis zum St. Bernhard auf den Alpen herrschte, während auf der italienischen Seite der Nordost wehte, führten gegen neun Uhr die Dünste, die durch die Schluchten mit imposanter Majestät hindurchwirbelten, fort; dann vereinigten sie sich um die Gipfel, welche sie bald bis zur Höhe der Sennhütte von Gabiette verdeckten. Endlich gegen Mittag erreichte die Condensation ihr Maximum, der Regen begann, die Blitze erglänzten, der Donner rollte in der Ferne, und bei meiner Ankunft auf dem Gipfel um $2\frac{1}{2}$ Uhr, wurde ich von einem kurzen Hagelschauer erreicht.

Nun folgte, veranlafst durch die Juxtaposition zweier allgemeiner Winde, eines nördlichen und eines südlichen, ein Gewitter, das die Nacht und den Tag über anhielt. Ich will mich hier indefs nicht dabei aufhalten, sondern nur bemerken, dafs es zu Allagna erst am 15. um 10 Uhr Abends aufhörte, und dafs auch dann die Nacht die Dämpfe so vollständig zerstreute, dafs der Himmel am Morgen des 16. um 6 Uhr, bei einer Temperatur von 7°,4 C. absolut rein war.

Allein nach und nach führten die aufsteigenden Winde Wolkenflocken aus den untern Theilen des Thals hinauf zu den hohen Gipfeln des Monte Rosa; zu gleicher Zeit entstand durch die Rückkehr der Sonne, die um 11 Uhr Morgens das Thermometer auf 14°,5 C. hob, eine starke Verdampfung, die Nebel erzeugte, welche sich mit den Wolken vereinigten, so dafs schon gegen 10 Uhr vorauszusehen war, das schöne Wetter würde keinen Bestand haben. Wirklich regnete es um 11 Uhr, aber schwach, erst gegen 3 Uhr trat ein heftiger Platzregen ein, untermischt mit frischem Schnee, welcher bis zum Boden des Thals von Allagna herabfiel, doch nicht liegen blieb. Dieser schneeige Regen senkte die Temperatur gegen 5 Uhr Abends bis auf 7° C.; dann hielt der Regen ein und der Himmel klärte sich vollständig auf. Zu Anfang der Nacht bedeckte er sich mit grofsen Cumuli, die hie und da einige Sterne durchblikken liefsen. Um 7 Uhr Abends, bei oberem Südwind, zeigte das Thermometer 6° C., und dann zergingen die Wolken nach und nach; zugleich zeigte sich eine so schwach herabsteigende Brise, dafs sie zweifelhaft war; endlich ward sie stark und am Morgen des 17. war der Himmel, bis auf einige leichte, in sehr grofser Höhe vom Nordwind getriebene Cirrhi, vollkommen rein.

Sesia-, Quarazza- und Anzasca-Thal.

Das Eintreten des Nordwindes am 17. Septbr. bewog mich, Allagna zu verlassen und den Pafs von Turlo zu überschreiten. Ungeachtet der ephemeren Schneefälle an den vorherigen Tagen und ungeachtet der Ueberschwemmung des gewöhnlichen Weges, hatte ich mein Unternehmen nicht zu bedauern. Wir, meine Führer und ich, begaben uns also auf den Weg, um 5 Uhr Morgens, bei einer Temperatur 3° C. vor Sonnenaufgang, die sich momentan auf 2°,9 senkte, als die oberen Wolken von den ersten Strahlen des Gestirns vergoldet wurden.

Es herrschte nun im Sesiathal eine sehr ausgebildete, herabsteigende Brise und der obere Nordwind hatte dieselbe Richtung, so dafs man hätte glauben sollen, es wäre nur ein und derselbe Luftstrom. Indefs combinirten sie ihre Effecte nicht; denn gegen 6 Uhr Morgens sandten die oberen Gehänge des Monte-Rosa, die etwa seit einer halben Stunde beleuchtet wurden, aufsteigende Dünste aus, die sich ruhig um den höchsten Gipfel versammelten, ohne weder von dem oberen Nordwind, der sehr hoch schwebende Chirrhi vor sich her trieb, oder von der herabsteigenden Brise, die im Thalgrunde noch recht lebhaft war, fortgeführt zu werden. Diese entgegengesetzten Resultate beweisen genugsam, dafs die Aufsaugung bereits an den hohen Gipfeln wirksam war, als sie sich noch nicht bis in die tiefen Gründe verbreitet hatte.

Die erwähnten Dünste vermehrten sich nach und nach und bildeten bald eine grofse, halbkugelförmige, scharf abgegrenzte Kappe, welche die höchsten Theile des Berges verhüllte; nur dann und wann griff ein Stofswind aus Norden mit Lebhaftigkeit in diese homogene Masse ein, und entführte ihr einige Fetzen, ohne indefs im Allgemeinen ihre Unbeweglichkeit zu stören.

Gegen 5 Uhr Morgens, als wir schon sehr hoch im Turlo gestiegen waren, erreichten wir das Gebiet des

oberen Windes, der seinerseits sich gesenkt zu haben schien, denn in demselben Augenblick zerstob und verschwand die Nebelkappe; allein dieser Sturz, von kurzer Dauer, verhinderte nicht, dafs sich, von 10 Uhr Morgens ab, längs den Abhängen, auf welchen die Sennhütten der Faller-Alpe stehen, die verticale Fluth völlig ausbildete; auch sah man nun Flocken aus den unteren Theilen nach den Höhen ziehen, während die eigentlichen Wolken einem umgekehrten Impulse folgten.

Um $1\frac{1}{4}$ Uhr Nachmittags hatten wir die Scheideck des Turlo überstiegen und wir traten in das untergeordnete Thal von Quarazza, das quer vor dem Sesiathale liegt, als die Wolkenverdichtung sehr mächtig wurde. Grofse Cumuli, von veränderlichem Gang, liefsen nur selten Lücken zwischen sich und das Ganze ward von einem momentanen Hagelschauer begleitet. Ein so intensives Resultat deutete fast auf ein Gewitter, und in der That, als ich die Beobachtungen von Genf, St. Bernhard und Turin nachsah, fand ich, dafs Südwest-, West und Nordwinde sich an diesem Tage um die Herrschaft über die Atmosphäre gestritten hatten. Allein der Nord trug den Sieg davon und in dem tiefen Thal von Quarazza fand ich die verticalen Winde wieder vor, die, obwohl im Allgemeinen der Axe des Thales folgend, doch diagonal davon abwichen, und sich vorzugsweise gegen die Abhänge der Basis des Monte-Rosa wandten. Diese Anziehung, veranlafst durch den überwiegenden Einflufs dieser ungeheuren Masse, ist die umgekehrte Wirkung der schon in den Thälern von Aosta und Cogne beobachteten nächtlichen Cascaden und defshalb bemerkenswerth.

Ein Besuch, den ich am Abend den Goldgruben von Pestarena abstattete, hielt mich ab, den Augenblick der Rückfluth wahrzunehmen; ich kann also nur sagen, dafs die Brise noch um 2 Uhr im Macugnaga-Thale aufsteigend war, dafs sie um 9 Uhr Abends mit Lebhaftigkeit herabstieg und dafs sich dann der Himmel aufheiterte

um den ganzen Nachmittag mehr oder weniger bewölkt zu seyn.

Anzasca-Thal.

Am 18. Septbr., 6 Uhr Morgens, war die Temperatur zu Pestarena 8°,8 C. Ueber Nacht war der Himmel bedeckt, aber bloſs in den bergigen Gegenden, denn unterhalb dieser Decke, nach Seite der Thalmündung, sah ich den reinsten, obwohl dunstigen Himmel der italienischen Ebenen. Es war der Südwind den Alpen übergekommen, während in Turin Nordost herrschte.

Die Wolkenlappen blieben in derselben Höhe der Strebepfeiler des Monte-Rosa wie festhängend und vergröſserten sich mit solcher Schnelligkeit, daſs um 10 Uhr Morgens bei 9°,4 C. ein Regen eintrat. Am Mittag war der dicke Stratus nur etwa 50 Meter über dem Thalgrund erhoben und nahm einen ziemlich lebhaften, aufsteigenden Gang, dabei einen fast unausgesetzten Staubregen verbreitend, der von Zeit zu Zeit in einen wahren Regen, doch keinen Platzregen ausartete. Da mit diesen Regen am Vormittage und Mittage übrigens keine neue Schneefälle auf die benachbarten Höhen verbunden waren, so bin ich geneigt zu glauben, daſs die Wolken sehr niedrig gingen, und wahrscheinlich die hohen Gipfel des Monte-Rosa Sonnenschein hatten; daher denn die aufsteigende Brise um Mittag und deren Umkehr um 5 Uhr Abends, mit einer sehr langsamen Fortführung der wasserliefernden Schicht. Indeſs da am Tage auf der italienischen Seite Ostwinde herrschten und das Thal von West nach Ost gerichtet ist, so wäre es möglich, daſs der aufsteigende Luftstrom am Tage von diesen hervorgerufen wäre. Allein in diesem Fall würde der nächtliche Vorgang nicht wie gewöhnlich stattgefunden haben. Am anderen Morgen, des 19., um 6 Uhr Morgens, zeigte der mäſsig reine Himmel einige helle Stellen, inmitten hochgehender, vom Südwind getriebener Wolken.

Die

Die unteren Dünste zeigten sich, wie gestern, zu gleicher Stunde, an den Gipfeln hängend, und ungeachtet ihrer scheinbaren Unbeweglichkeit dehnten sie sich nach und nach in den Morgenstunden aus, so daſs sie einen Stratus bildeten, der um 10 Uhr mit bedeutender Schnelligkeit gegen das obere Ende des Thales vorrückte. Diese Bewegung ward immer stärker; um 1 Uhr war sie so lebhaft, daſs der Schleier zerriſs, und die Fetzen, getrieben von der Brise sich gegen den Monte-Rosa aufrichteten, in unregelmäſsig gewundenen Säulen, die in ihrem Fortschritt successive die verschiedenen Gipfel entlarvten. Dieser Vorgang veranlaſste einige vorübergehende Schauer, sobald dichtere Massen über Pestarena hinwegzogen, und am Abend, zwischen 5 und 6 Uhr, kehrte sich die Bewegung um, so daſs gegen 7 Uhr, bei meiner Ankunft in Ponte-Grande, unweit Bannio, die Rückfluth sehr ausgeprägt war.

Am 20. Septbr., 5 Uhr Morgens, war die Reinheit des Himmels ohne Gleichen; auch konnte ich zum ersten Male den Monte-Rosa in seiner prachtvollen Gesammtheit überblicken; sein Rückgrat wurde bald von den Sonnenstrahlen beleuchtet, die unteren Theile des Thales empfingen nur erst das zerstreute Licht, der Nachtwind zeigte sich gegen 6 Uhr Morgens schwach und ungewiſs, abwechselnd auf- und absteigend, weil Ponte-Grande am Vereinigungspunkte der beiden Thäler von Anzasca und Oloccia liegt, was die schon zu Verrès beobachtete Erscheinung hervorrief. Vielleicht daſs auch die geringe Breite und Länge des Bassins, so wie die Art, wie es von einem der gröſsten Kolosse der Alpen beherrscht ist, den Augenblick der Rückströmung beschleunigen. Soviel ist gewiſs, daſs von 7 Uhr an die aufsteigende Periode entschieden war, daſs man von da an kleine parasitische Wolken sich an den erhabenen Gehängen des Thales bilden sah und daſs diese im Sinn der allgemeinen Wirkung wie ausgezogen waren.

Toccia-Bassin und Simplon.

Gegen 10 Uhr desselben Tages langte ich zu Pié-di-Mulera an, und dicht dabei in der grofsen Concavität der Toccia, traf ich einen lebhaften Luftstrom, der sie hinanstieg und sich gegen die Höhen des Formazza-Thals richtete.

Nordwinde herrschten damals in Italien, während auf den Alpen der Südwest zu wehen fortfuhr. Auch hatten sich gegen 11 Uhr die Parasiten aufserordentlich vergröfsert. Ihre graue Farbe und ihr angeschwollenes Aussehen kündigten neue Regengüsse an, die auch wirklich in der Nacht begannen und mich am andern Morgen am Lago maggiore überfielen. Ungeachtet dieser gewitterhaften Atmosphäre war die tägliche Fluth noch nicht gestört, als ich 3 Uhr Nachmittags Vogogne verliefs; allein meine Abreife hinderte mich, meine Beobachtungen fortzusetzen.

Ich kehrte nach Vogogne zurück und verbrachte dort abermals eine Nacht unter Donner und ungeheuren Regengüssen; aber defsungeachtet war am andern Morgen, den 22. um 5 Uhr, der Himmel fast vollkommen rein.

Der Wind kam herunter, dem Abhange der eingeengten Ebenen der Toccia folgend; obgleich der Gang einiger leichten Cirrhi andeutete, dafs in den oberen Theilen der Atmosphäre ein Gegenwind herrschte.

Um 7½ Uhr stiegen verdichtete Dünste längs den Strebepfeilern der Alpen empor, während inmitten eine Brise nach abwärts ging. Diese erhielt sich selbst um 11 Uhr zu Domo d'Ossola, um Mittag zu Crevola, dann in dem Seitenthal des Vedro; und diese merkwürdige Anomalie trat um so deutlicher hervor, je mehr ich auf dem Wege zum Simplon in die Höhe stieg, dessen höhere Theile ich endlich um sieben Uhr Abends bei einem äufserst heftigen N.- oder NW.-Wind erreichte.

Wenn die heifse Lombarde, ungeachtet ihrer Tem-

peratur von 15° C. mich schon auf dem Mont Cenis ganz eisig gemacht, so war der Effect noch weit roher unter dem Einfluſs dieses Windes, der, über die Gletscher und Schneefelder des Simplons hinstreichend, mit der nächtlichen Strahlung eine Kälte von + 5° C. mitbrachte, während ich um Mittag das italiänische Klima von Domo d'Ossola zu ertragen hatte. Kurz dieſs war ein allgemeiner Wind, welcher, auf der Höhe der Alpen herrschend, sich über die Pässe und Gipfel ergoſs und in die Thäler ausbreitete, wo er in falsche Brisen ausartete, deren Gang dem der ächten entgegen war.

Simplon; Wallis.

Am 23. Septbr., 7 Uhr Morgens, verlieſs ich das am italiänischen Abhang liegende Dorf Simplon, um nach dem Hospiz, dem höchsten Punkt des Passes, zu wandern. Der Sturm am vorigen Tage hatte aufgehört; auch beobachtete ich auf diesem Wege, gegen 8 Uhr Morgens einen sehr lebhaften, obgleich intermittirenden Wind, entgegengesetzt dem obern Winde, der damals, wie Tages zuvor, eine nordwestliche oder nordöstliche Richtung hatte, wie an dem leichten Gewölk, das über die benachbarten Gipfel hinwegzog, zu ersehen war. Dieser aufsteigende Wind kann also als das Resultat einer atmosphärischen Fluth betrachtet werden, aber es war mir nicht möglich, ihn lange zu beobachten, denn so wie ich den horizontalen Theil des Passes erreicht hatte, verschwand er und überlieſs mich dagegen dem oberen Winde.

Vom Mittage bis zum Abend waren am entgegengesetzten Abhange, in allen auf den Weg zulaufenden Schluchten, die aufsteigenden Winde ausgebildet. Indeſs hatte sich gegen $2\frac{1}{2}$ Uhr der obere Wind nach W. und SW. gedreht, und dabei den ab und zu im Zenith der Alpen entstandenen Wolkenschleier zerrissen, ohne daſs er den entgegengesetzten Gang der Bergwinde (*brises de terre*) störte. Dieser Umstand bestätigt das Dasein

der Strömungen um den Simplon so deutlich, dafs es unnöthig ist, länger dabei zu verweilen.

Bei meinem Eintritt in Wallis war deren Richtung auch natürlich gegen die oberen Theile des Rhone-Beckens gerichtet und endlich gegen 6 Uhr Abends, nach Sonnenuntergang, traf ich an der Mündung der Visbach einen dem Laufe dieses Baches folgenden, herabgehenden Wind an. Diefs beweist, dafs von nun der tägliche Effect für diesen Abkömmling (*dérivé*) des Monte-Rosa geregelt war.

Am 24. Septbr., 8 Uhr Morgens, bei reinem Himmel, stieg schon der Rauch von Visp das enge Thal der Visbach hinan, während im Rhonebassin noch die herabsteigende Brise anhielt. Der Moment der Ungewifsheit trat gegen 9 Uhr Morgens ein. Gegen 10 Uhr zeigte sich der aufsteigende Luftstrom in mäfsiger Weise und gegen Mittag, bei Turteman, wurde er sehr lebhaft. Diese Umkehrung hatte ich einigermafsen aus den an den Höhen hängenden Wolken vorausgesehen, da diese, einige Zeit bevor die Oscillationsperiode umschlug, auf entschiedene Weise dem täglichen Impulse folgten. Diese Fluth erhielt sich in ihrer ganzen Stärke bis Siders, gegen 4 Uhr Nachmittags, allein bei Sonnenuntergang, zu Sion, ward sie schwächer, und endlich, um 8 Uhr, machten sich zu Ardon die ersten herabsteigenden Luftströme bemerklich.

Die Parasiten-Wolken des Morgens wuchsen am Tage über so, dafs sich längs den beiden Walliser Bergketten fast zusammenhängende Schichten (*nappes*) bildeten. Defsungeachtet blieb das Zenith der Niederung (*dépression*) rein oder ward nur von leichten, sehr hohen Cirrhi von Norden nach Süden durchschnitten. Diefs ist unter vielen anderen ein neuer Beweis von der abkühlenden Wirkung, welche die hohen Gipfel auf die von den verticalen Winden dahin geführten Dünste ausüben.

Wallis; Martinach.

In der Nacht auf den 25. Septbr. hatte sich der Himmel vollständig aufgeheitert. Die Temperatur der Atmosphäre war 8° C. gegen 6 Uhr Morgens, ehe die Sonne die Gipfel beschien, und da ihre Strahlen kein Hinderniſs antrafen, war die Brise um Ardon schon von 8 Uhr Morgens an eine aufsteigende; sie blieb es bis in die Gegend von Martinach, wo ich um 11 Uhr anlangte; als ich mich aber diesem Punkte näherte, trat eine Complication ein, die indeſs aus den topographischen Eigenthümlichkeiten der Oertlichkeit leicht erklärlich ist.

Martinach liegt gleichsam im Mittelpunkt eines Sterns von drei Armen gebildet, der eine durch das Zusammenstoſsen der Thäler von Entremont, Bagnes, Ferret und Trient, und die beiden andern durch den oberen und den untern Theil des Rhonethals, welches hier fast rechtwinklich umbiegt. Jeder dieser Arme besitzt besondere, von seiner Gestaltung abhängige Eigenthümlichkeiten. Der erstere bildet eine steile Ebene und muſs demnach natürlich die Function eines Aspirators verrichten, desto kräftiger als sie überragt ist von der Reihe mit ewigem Eis bedeckter Gipfel, welche sich vom Mont-Vélan bis zum Mont-Blanc ausdehnt. Sie wirkt vorzugsweise auf den Zweig der oberen Rhone, zunächst, weil dieser geradezu vor ihr liegt und dann, weil er eine groſse Erweiterung bildet, welche die Rolle einer Ebene spielt, wogegen das untere Rhonethal, als schief liegend und stark eingeengt durch die Ausläufer des Dents du Midi und de Morcles, nur zur allgemeinen Luftströmung (*alimentation*) beitragen kann.

Nach diesen Details ist leicht zu begreifen, daſs ich bei Annäherung an Martinach Brisen von umgekehrtem Gange, als der natürliche ist, wahrnahm, daſs diese aber zu Martinach selbst entschieden gegen die Gipfel von Trient gerichtet waren. Uebrigens kann die Aus-

dehnung der aufsteigenden Atmosphäre, die bis dahin in dem Defilé der unteren Rhone eingeengt war, auch Wirbel erzeugen, deren Effect unmittelbar dahin gehen mufs, diese locale Anomalie zu verstärken, und das um so mehr, als der allgemeine Luftstrom einen plötzlichen Knick erfährt, wenn er von einem der Schenkel des Winkels in den andern übergeht.

Nach diesen ersten Beobachtungen stieg ich zu den Gruben von Chemin hinan, deren Besuch mich abhielt, sie vor 5 Uhr Abends wieder aufzunehmen. Damals, zur Zeit des Sonnenunterganges und auf der Dranse, war die Luftströmung noch aufsteigend gegen die Massen des Gétroz, während sie nach der Seite von Martinach sich gegen den Col von Trient richtete; jede dieser Unterabtheilungen der Luftströmung zeigte sich vorzugsweise in den ausgeprägteren Vertiefungen der Ebene des allgemeinen Abhanges; allein nach einigen Schwankungen von kurzer Dauer änderte sich dieser Gang. Die Rauchsäulen aus dem Flecken Martinach breiteten sich aus und die von Martinach selbst verlängerten sich in der breiten Concavität des Rhonebassin, so dafs sie eine Schicht (*nappe*) bildeten, deren bedeutendster Theil, dem oberen Zweige des Flusses folgend, hinaufstieg, während der andere, kürzere, sich gegen den unteren Zweig ausdehnte, ohne dafs es möglich war, in diesem winkelförmigen Ergufs eine Trennungslinie wahrzunehmen. Das Wetter war am ganzen Tage herrlich, ungeachtet einiger leichten Cirrhi, die in der Frühe erschienen und später wieder verschwanden.

Von Martinach bis zum Genfer See.

Am 26., bei Sonnenaufgang, war die Temperatur 7°,8 C. zu Martinach, und die Rauchsäulen des Orts zogen sich weit hin am linken Ufer der oberen Rhone; dieser Thalzweig hatte also die Rolle als Ebene wäh-

rend der Nacht sehr stark gespielt; endlich gegen 7½ Uhr Morgens kehrten sie gegen das Thal von Trient um.

Ich verliefs nun diesen Ort, um mich nach St. Maurice zu begeben. Gegen 8½ Uhr traf ich in der Schlucht der unteren Rhone einen heftigen Wind, welcher der absteigenden Richtung folgte. Unter seinem Einflufs war die Atmosphäre von einer Klarheit und Reinheit, dafs die Entfernungen verschwanden, die Berge einliefen, die Räume zwischen den Gehängen der Nebenthäler verwischt waren und man gleichsam jede Schicht der riesenhaften Dents du Midi und de Morcles unterscheiden konnte. Defsungeachtet begann dieser Sturm um 10½ Uhr, bei 16°,5 C. Lufttemperatur, in eine sanfte Brise auszuarten; dann kamen aufsteigende Luftstöfse, begleitet von einer merklichen Abnahme in der Klarheit der Atmosphäre. Endlich gegen Mittag, wo ich zu St. Maurice war, zeigte sich die aufsteigende Fluth vollkommen geregelt und mit gewisser Lebhaftigkeit, was letzteres man übrigens wohl aus der Verengerung dieses Theils des Rhonethals voraussehen konnte.

Gegenüber Bex erweitert sich das Rhonethal zu der breiten, horizontalen Ebene, welche dem Genfer See vorangeht. Zwei Seitenthäler münden an dieser Stelle, nämlich am rechten Ufer das, welches zu den Salinen führt und rasch bis zu dem Moeuvron und den Diablerets hinansteigt; und am linken Ufer das von Illiers, welches bis zum Col de Golèze reicht. Jedes derselben zieht die entsprechenden Portionen von Luft aus dem Bassin, denn um 2½ Uhr, bei 18°,8 C., sah ich die Rauchsäulen des letzteren sich in dem Maafse mehr verdünnen, als sie sich längs dem Abhange seiner Einfassung weiter ausdehnten; und der umgekehrte Gang der Ströme in dem Thale der Salinen, wo ich mich damals befand, war zu merkbar und zu anhaltend, um in dieser Beziehung den geringsten Zweifel übrig zu lassen.

Dieser diametral entgegengesetzte Gang in zwei ein-

ander gegenüberliegenden Thälern, liefert einen der besten Beweise von der Unabhängigkeit der atmosphärischen Fluthen und Rückfluthen, denn es ist kein allgemeiner Wind denkbar, der ein solches Resultat hervorzubringen im Stande wäre. Noch auffallender wird diefs, wenn ich daran erinnere, dafs diese partiellen Aufsaugungen während derselben Zeit den Strom des breiten Rhonethals durchaus nicht störten.

Dieser blieb gleichförmig anhaltend, selbst nachdem die Sonne aufhörte den Dent du Midi zu beleuchten und die Rauchsäulen der Dörfer am Ufer, wie Port-Valais, u. s. w. sich bergan ausbreiteten, in Form jenes langen horizontalen Schweifes (*nappe*), dessen ich mehrmals zu erwähnen Gelegenheit hatte. Die Bewohner des Landes betrachteten ihn als ein Vorzeichen von gutem Wetter am andern Tage, allein sie kannten wahrscheinlich nicht die Anomalie von dem Morgen. Auch bildeten sich um 8½ Uhr, nach Eintritt der Nacht, einige Wolken auf den Alpen, die sich darauf vergröfserten, bis zu einem gleichförmigen Stratus, welcher am andern Morgen den Himmel vollständig verschleierte. Bald hernach fiel auch Regen.

Ungeachtet dieser Anzeichen einer bald eintretenden Witterungsänderung war um 8½ Uhr Abends zu Villeneuve die Brise herabsteigend, und sie herrschte noch, wenngleich schwach und unsicher, gegen 7 Uhr Morgens, bei 13°,4 C.; dann verschwand sie, um einem kleinen Südsturm Platz zu machen, welcher uns am 27 Septbr., um 10 Uhr Morgens, auf dem See empfing.

Um diese Beobachtungsreihe in Wallis zu vervollständigen, mufs ich hinzufügen, dafs die Bootsleute von Villeneuve sehr wohl diese periodischen Winde kennen; sie unterscheiden den bei Nacht durch den Namen *Vauderon*, und den bei Tage durch den: *Rebas*. Nach ihren Beobachtungen beginnt der letztere gewöhnlich um 10 Uhr Morgens, der andere mit Eintritt der Nacht.

Isère-Thal, Umgegend von Moutiers.

Da ich zur Zeit, als ich die Tarentaise durchwanderte, d. h. 1838, noch nicht verstand, vollständige Beobachtungen anzustellen, so muſs ich mich hier mit der Angabe nachstehender Umstände begnügen.

Am 4. Septbr., 7 Uhr Morgens, reiste ich von Moutiers ab, um mich nach Pesey zu begeben und in die Engpässe, welche die Isère bis zu der Umgegend von Villette einschnüren. Es herrschte, wie gewöhnlich zu dieser Tageszeit, ein lebhafter, herabsteigender Wind, der gegen 8 Uhr, als die Sonnenstrahlen ganz in das Thal hinabschienen, nachlieſs und endlich seinen Weg bergan nahm. So lange ich in den Thalengen blieb, während des ganzen Morgens, hielt er an; allein bei meiner Ankunft in der schönen Erweiterung von Aime fand ich nur noch eine drückende Windstille, desto schwerer zu ertragen, als kein Lüftchen die Hitze mäſsigte, deren Beute ich geworden; ohne Uebertreibung kann ich wohl sagen, daſs ich auf allen meinen Reisen wenig so beschwerliche Märsche gemacht habe als den während dieser absoluten Stagnation der Atmosphäre.

Dennoch fand ich gegen 5 Uhr Abends, noch vor Sonnenuntergang, am Eintrit der engen, von N. nach S. gerichteten Schlucht des Pesey-Baches einen sehr starken herabsteigenden Luftstrom.

Er eilte offenbar seiner Zeit voraus; auch hatte ich am andern Morgen bedeckten Himmel und Regen. Es scheint also, als habe ein oberer Südwind der aufsteigenden Brise das Gleichgewicht gehalten, sey es, daſs er die partiellen Luftströme dieser zurücktrieb, oder daſs er in den oberen Regionen meteorologische Bedingungen herbeiführte, die den unten wirkenden Ursachen das Gleichgewicht zu halten vermochten. Ihr Effect muſste übrigens erleichtert werden durch die groſse Erweiterung des Isère-Thals, die hinreicht, um die Stärke der Bewe-

gung der Luftsäule durch Zertheilung derselben über eine zu grofse Oberfläche, zu schwächen.

Bei meiner Rückkehr von den Höhen, am 29. Sept., um 2 Uhr Abends, trat ich aufs Neue in obige Defileen und fand daselbst den aufsteigenden Wind sehr lebhaft, obwohl der Himmel bedeckt war und die Landesbewohner mir sagten, dafs er es für gewöhnlich sey.

Gewisse Theile dieses Thales sind demnach diesen atmosphärischen Fluthungen ausgesetzt, und wenn sie in einigen weniger kräftig als in andern sind, so läfst sich diefs leicht durch die beträchtlichen Unterschiede in der Breite des Bassins an seinen verschiedenen Punkten erklären. Man müfste demnach, um sie gehörig zu studiren, in den Verengerungen von St. Marcel, oberhalb Moutiers, Posto fassen, und nicht in dieser Stadt selbst, weil die Thäler der Isère, des Thoron und des Nant von Belleville, welche hier auslaufen, einander wegen ihrer ungleichen Dimensionen entgegenwirken müssen.

Rückblick.

Die mannigfachen Umstände, die wir so eben kennen lehrten, berechtigen zu folgenden Schlüssen:

1. Die Unebenheiten des Bodens rufen täglich eine atmosphärische Fluth und Ebbe hervor, die sich durch Brise oder auf- und niedersteigende Winde verräth, bekannt seit undenklicher Zeit an gewissen Orten unter den Namen: *Thalwind*, *Pontias*, *Vésine*, *Solore*, *Vauderon*, *Rebas*, *Vent du Mont-Blanc*, *Aloup de vent*.

2. Diese Luftströme entwickeln sich im höchsten Grade in den Concavitäten der Thäler, ohne ihnen ausschliefslich eigen zu seyn, denn sie äufsern sich längs allen Abhängen (*rampes*) und der Strom der Thäler ist nur das Resultat von Aufsteigungen und lateralen und partiellen Cascaden (Thäler von Cogne, Aosta, Quarazza Ebene von Saint Simphorien, Pilat und Chessy).

3. Der Uebergang von der Fluth zur Rückfluth und

umgekehrt, ist rascher in engen und nach kurzem Lauf an hohen Gipfeln endenden Schluchten (Thäler von Anzasca, der Sesia, der Visbach, von Trient, von Cogne, von Val Megnier, Martinach, Simplon). Er ist langsamer in allgemeinen Becken, wo die Fluth gemeiniglich erst gegen 10 Uhr Morgens frei im Gange ist, und die Ebbe (Rückfluth) erst gegen 9 Uhr Abends regelmäſsig zu werden anfängt, (Thäler von Gier, d'Azergue, der Brevenne, der l'Arc, von Aosta, der Toccia, der oberen Rhone). Die Zeit zwischen der auf- und niedersteigenden Strömung ist ausgefüllt durch Oscillationen und wechselseitigen Rückfällen (*redondances*). Die Stunde dieses kritischen Augenblicks schwankt mit den Jahreszeiten und auch mit einigen zufälligen meteorologischen Umständen (Thäler von Aosta, Maurienne, Nyons, Gier).

4. Die Thalwinde sind regelmäſsig in regelmäſsigen Thälern, bieten aber an deren Ausmündungen Zufälligkeiten dar. Diese Unregelmäſsigkeiten zeigen sich je nach der Einfügung der Thäler, entweder in der Tagesperiode (Martigny, Aosta?), oder in der Nachtperiode (Verrès, Bannio, Saint-Jean de Maurienne, Martinach, Firminy).

5. Die Configuration der oberen Theile der Thäler übt auch einen groſsen Einfluſs auf diese Winde aus, nach den Stunden und den Jahreszeiten; so sind sie bald ausgeprägter bei Tage als bei Nacht (Maurienne), bald, umgekehrt, mehr bei Nacht als bei Tage (Pontias, Aloup-de Vent, Chessy). Zuweilen ist der Winter mit seinen Schneefällen den Nachtwinden am günstigsten (Maurienne, Pontias), zuweilen ist es der Sommer für die Tagwinde (Maurienne). Es wäre interessant, den Einfluſs der elliptischen Kessel, welche die oberen und letzten Theile der Jura- und subalpinischen Thäler bilden, in dieser Beziehung zu untersuchen, vergleichend mit den sanften und unmerklichen Endigungen der Urgebirge. So z. B. sind in dem Thale von Joux die Abwechslungen von

Heiſs und Kalt so plötzlich, daſs man zuweilen Schwankungen von 20 Graden in einigen Stunden erfährt; man hat die Mäher oft am Morgen mit ihren Sensen in Eis einschneiden gesehen, während einige Stunden hernach das Thermometer im Sonnenschein 38° zeigte. Es ist unmöglich, daſs nicht solche Unterschiede auſserordentliche Ströme erzeugen.

6. Die Wirkung dieser Fluthungen ist im Allgemeinen in den breiten Thälern deutlicher und schwächt sich in den Seitenzweigen (Maurienne, Aosta); wenn indeſs das Bassin eine wahrhafte Ebene wird, fähig, eine sehr groſse Masse Luft herzugeben oder zu verschlucken, dann werden die Effecte schwächer. So erreicht der Pontias selten das Bett der Rhone; und um Genf scheinen die Brise aus dem Arve-Thal so schwach zu seyn, daſs sie nicht die Aufmerksamkeit der geschickten Beobachter dieser Stadt erregt haben; dennoch würde die Thatsache von nun an nachzuweisen seyn.

7. Vergleicht man das Phänomen der atmosphärischen Fluth an Gebirgen mit den periodischen Winden, welche längs den Küsten zu Lande und auf dem Meere stattfinden, so sieht man, daſs zur selben Zeit, wo die täglichen Meereswinde die Schiffe in die Häfen treiben, auch ringsum an den Gebirgen die Luft sich erhebt, und daſs das Umgekehrte während der Nacht stattfindet. Daraus folgt, daſs die Gesammtheit der Atmosphäre des Rhonebeckens täglich einer Bewegung ausgesetzt seyn muſs, durch welche sie einerseits vom Meer gegen den Continent, und andererseits von diesem zu den Gipfeln der Hochebene des mittleren Frankreichs oder zu denen der Alpen und des Jura geführt wird, worauf sie denn während der Nacht zu ihrem Ausgangspunkt zurückkehrt. Allein die Langsamkeit, mit welcher sich jegliche Bewegung in einer groſsen Masse einer elastischen Flüssigkeit fortpflanzt, vernichtet zum Theil diese Effecte. Indeſs ist diese Vernichtung nicht immer vollständig, und seit der

Zeit bin ich zu glauben geneigt, dafs die schwachen Luftströme, die sich an Tagen, die man sonst nur windstill nennen kann, in der Umgegend von Lyon zeigen, nichts als das Resultat dieser Oscillationen sind.

8. Die atmosphärischen Fluthungen treiben in der Luft schwebende Körper mit sich fort; und so geschieht es, dafs sich, je nach den Umständen, die Rauchsäulen und vor allen die Wasserdünste am Tage über zu den hohen Gipfeln begeben und daselbst verdichten (Thal von Aosta, Maurienne, Domo d'Ossola, Anzasca, Sesia, Illiers, Col du Géant, Wallis, Pilat), oder während der Nacht den Vertiefungen zuwandern (Martinach, Chessy, St. Marcel, Gier-Thal, Col du Géant). Daraus folgt, dafs die Luft auf den Höhen bei Nacht trockner und bei Tage feuchter wird, während in den Vertiefungen bei Nacht das Umgekehrte stattfindet (Genf, Col du Géant, St. Paule).

Es ist hieraus leicht zu ersehen, dafs diese Fluthungen in der Entwicklung der Parasiten-Wolken, so wie in den Phänomenen der Vertheilung der Regen und Gewitter eine wichtige Rolle spielen müssen.

9. Die heifse Luft der Ebenen sucht, indem sie bei Tage in die Höhe steigt, die Thäler und die Gipfel zu erwärmen; allein diese Wirkung wird zum Theil aufgewogen durch die von ihr veranlafste Verdampfung, so dafs sie trocknend und erkältend wirken kann (Maurienne). Andrerseits strebt die nächtliche Brise, die Thäler zu erkälten, indem sie die Kälte der oberen Regionen dahin führt. Daraus erklärt sich die plötzliche Kühle im Gefolge des Aloup de Vent, die vom Pontias veranlafste Gefrierung der Wasserdämpfe, die Frühlingsfröste, welche, bei gleicher Ausstrahlung, besonders die Vegetation der Thäler überfallen. Man könnte auch glauben, in diesen Effecten die Erklärung einiger der Temperatur-Anomalien zu finden, welche Reisende an Berggehängen in verschiedenen Höhen beobachtet haben.

10. Diese Umstände, combinirt mit den vorherigen,

müssen in Betracht gezogen werden, wenn es sich darum handelt, den Einflufs der Thäler auf die Gesundheit zu erörtern (Cretinismus, Thalfieber, besonders die der Bresse).

Diese Luftströme üben auch in sofern einen Einflufs auf die Vegetation, als sie die natürliche Symmetrie stören (Aosta, Maurienne).

11. Die verticalen Winde stören die Barometermessungen und die Formeln lassen in dieser Beziehung viel zu wünschen übrig (Saussure).

12. Die allgemeinen obern Winde können, unter gewissen Umständen, das Auf- und Abwogen der Luft (*le flot ou le jusant aërien*) stören (Maurienne, Allagna, Aosta, Ossola, Martinach, Mont-Cenis) oder vielmehr es compliciren (Cogne); aber ihre Wirkung ist nicht immer ganz zu unterdrücken (Thabor-Berg, Sesia-Thal); zuweilen erzeugen sie eine gänzliche Windstille (Tarentaise). Daraus folgt, dafs die Prognostica auf schönes Wetter, welche aus dem regelmäfsigen Gange der Brisen hergenommen werden, sich oft nicht bewähren (Thal der Brevenne, Chessy, Bex). Indefs kann man sagen, dafs die Umkehrung der Ströme gemeiniglich Regen zur Folge hat (Maurienne).

13. Endlich können auch örtliche Temperatur-Umstände die Bergwinde (*brises montagnardes*) vernichten: so hört der Pontias zu wehen auf, sobald in der Kürze der warmen Sommernächte die Erde nicht Zeit hat, sich von der Erhitzung am Tage hinlänglich abzukühlen.

Theorie.

Es ist nicht genug, das Daseyn der Luftfluthen nachgewiesen zu haben: man mufs auch begreiflich die Theorie derselben aufsuchen. Hierin ist uns indefs Hr. Saigey zuvorgekommen, der sich folgendermafsen ausdrückt:

„Denken wir uns," sagt derselbe, „ein Plateau, welches sich bis zum Schwerpunkt der atmosphärischen Säule erhebt. Wenn die Luft sich am Boden um 10° erwärmt

und verhältnifsmäfsig in jeder Schicht, so findet man durch Rechnung, dafs der Schwerpunkt der Luft sich um 192 Meter erhebt; da indefs der Gipfel des Plateaus nicht ausweicht, so wird die Luftschicht, die sich actuell in derselben Höhe befindet, um das ganze Gewicht dieser 192 Meter Luft, d. h. um 9,33 Millimeter Quecksilber, stärker gedrückt."

„Um Gleichgewicht zu erhalten, mufs also der Druck auf das Plateau um so viel zunehmen; folglich wird die Luft von den umgebenden Orten herbeifliefsen. Umgekehrt ist es sichtlich, dafs wenn er die Luft erkaltet, dieselbe von dem Plateau herab nach allen ringsum liegenden Orten fliefsen müsse, so dafs also die Ströme entgegengesetzte Richtungen haben."

„Es ist auch klar, dafs, wenn der Druck auf das Plateau zunimmt, er in der Nachbarschaft abnehmen mufs, und umgekehrt, weil diese Variationen das Resultat des Transports einer Luftportion sind, die abwechselnd auf das Plateau und nach aufsen drücken wird."

„Ohne in der Entwicklung dieser Thatsachen weiter zu gehen, kann man sie unter folgender, allgemeiner Form darstellen: Allemal, wenn die Luft sich erwärmt, fliefst sie von niedrigen Orten zu höher gelegenen; sie kann nicht erkalten, ohne nicht zum Theil von den höheren Orten zu den tieferen zu strömen."

Da haben wir also ein sehr einfaches mathematisches Gesetz, das nur den physischen Umständen anzuschliefsen ist. Eine erste Idee wurde in dieser Beziehung von Hrn. Gras, bei Gelegenheit des Pontias, ausgesprochen. Allein sie genügt nicht allen Punkten der Aufgabe, denn, er nimmt an, wie ich vorhin gezeigt habe, der hervorstechendste Charakter dieses Windes sey der, nur während der Nacht zu wehen. Er hatte also den Zusammenhang, der zwischen dem Pontias und der Vésine vorhanden ist, nicht aufgefafst.

Er stellt als Satz hin, dafs, vermöge örtlicher Um-

stände, die in der Schlucht von Eygues enthaltene Luft während der Nacht merklich kälter werde als die auf der benachbarten Ebene, und da dann zwischen diesen beiden Portionen der Atmosphäre kein Gleichgewicht mehr bestehen könne, so fliefse die mehr erkaltete Luft, blofs vermöge ihrer gröfseren Dichtigkeit, zur Seite, wo sich der noch durch die Wärme ausgedehnte Theil befinde.

Um diese Erklärung auf das tägliche Phänomen anwendbar zu machen, mufs man annehmen, die totale Temperatur-Variation sey auf den Bergen gröfser, als in den Ebenen, eine Annahme, die geradeswegs der Erfahrung widerspricht.

In der That, die Beobachtungen, welche der unerschöpfliche Saussure gleichzeitig auf dem Col du Géant, zu Chamouny und zu Genf machte, führen zu dem Schlufs, dafs die Sonne auf Berggipfeln mit weit geringerer Kraft wirkt, als an tiefer gelegenen Orten, weil dort der Unterschied zwischen dem Maximum und dem Minimum weit geringer ist. Diesen Unterschied fand er im Juli folgendermafsen:

Col du Géant	5°,32 C.
Chamouny	12°,61 „
Genf	13°,79 „

Analoge Resultate erhielten im August 1821 die Piemontesischen Generalstabs-Officiere, welche mit der Messung des mittleren Parallelbogens beauftragt waren, zwischen dem Mont-Cenis und Mailand. Ihre Beobachtungen, zur Zeit des Sonnenaufgangs und um 3 Uhr Nachmittags, 14 Tage fortgesetzt, gaben folgende Resultate:

	Morgen	Nachmittag	Unterschied
Hospiz, Mont-Cenis	11°,76	16°,82	5°,06 C.
Mailand	20°,10	26°,83	6°,73 „

Dasselbe Gesetz findet man wieder, wenn man die Unterschiede zwischen den Maximis und Minimis von Genf mit denen vom grofsen Bernhard vergleicht; denn eine

eine Periode von zwölf Jahren liefert für die Amplitude der Thermometer-Excursionen an beiden Stationen:

Jahre	Genf	St. Bernhard
1826	53°,74	42°,00
1827	55 ,00	48 ,62
1828	42 ,12	40 ,12
1829	46 ,87	43 ,49
1830	54 ,50	42 ,50
1831	43 ,62	41 ,12
1832	44 ,75	35 ,75
1833	41 ,62	36 ,37
1834	44 ,00	35 ,25
1835	44 ,50	39 ,99
1836	48 ,30	41 ,90
Mittel	47 ,18	40 ,64

Diese Ziffern sind ohne Zweifel zahlreich genug, um darauf die Allgemeinheit des erwähnten Gesetzes zu stützen. Auf den ersten Blick scheinen sie auch anwendbar auf die Theorie, die schon gegeben ward bei Gelegenheit des Phänomen der periodischen Küstenwinde, deren Analogie mit den Bergwinden nun fühlbar seyn mufs. Da man nämlich weifs, dafs man die Küstenwinde erklärt durch Störung des atmosphärischen Gleichgewichts, veranlafst durch starke Temperaturveränderungen, welche die Luft auf den Ebenen abwechselnd bei Tage und bei Nacht erfährt, während die auf dem Meere eine weit gleichförmigere Temperatur bewahrt, so könnte man versucht seyn zu sagen, dafs, wenn von Sonnenuntergang an die Temperatur auf einer Ebene verhältnifsmäfsig mehr sinke, als an Bergen, die Contraction einen Zuflufs der Luft von den Bergen zu der Ebene bewirken müsse, und dafs, umgekehrt, bei Tage die auf der Ebene stärker erwärmte Atmosphäre sich zu erheben und aufsteigende Winde zu erzeugen suchen müfste.

Allein diese Erklärung würde in Widerspruch seyn

mit der der Land- und Seewinde; denn wenn man unter diesen beiden Umständen einerseits eine fast constante Temperatur, und andrerseits eine sehr veränderliche hat, so muſs man doch nicht aus den Augen verlieren, daſs ihre relativen Lagen umgekehrt sind, so daſs, wenn man leicht begreift, wie die tägliche Verdünnung der Land-Atmosphäre die Aufsteigung eines Meerwindes veranlaſst, man auch natürlich annehmen muſs, daſs dieselbe tägliche Verdünnung der Luft auf den Ebenen das Herabströmen der kalten und weniger ausgedehnten Luft von den Höhen bedingen und einen niedersteigenden Strom hervorrufen müsse; ein der Beobachtung widersprechendes Resultat.

Ebenso würde es sich mit dem Nachtwind verhalten. Denn wenn bei Nacht die Luft auf den Höhen sich verhältniſsmäſsig weniger erkältet, als die auf der Ebene, so wäre es möglich, bis zu einem gewissen Punkt anzunehmen, daſs sie ihre Atmosphäre in ungleichem Verdünnungsgrad unterhalten und einen aufsteigenden Nachtwind hervorrufen müsse, wie das Meer alsdann einen Landwind hervorruft.

Indeſs läſst sich noch für diesen letzten Fall einsehen, daſs die ungeheure Zusammenziehung der Atmosphäre der Ebenen die Kleinheit der Ausdehnung auf den Höhen überwältige, und so zuletzt der Strom in der Nacht noch herabsteigend sey, wie er es übrigens am Tage seyn würde. Es folgt daraus, daſs die Erklärung der Küstenwinde höchstens nur auf einen Theil der Phänomene bei den Luftfluthungen an Gebirgen anwendbar ist, und wir werden demnach darauf geführt, eine andere Ursache zu suchen, indem wir folgende Betrachtung anstellen:

Sobald die Sonne einen Berggipfel zu beleuchten anfängt, bewirkt sie eine Erwärmung seiner Oberfläche und demzufolge eine Verdünnung der dieselbe berührenden Luftschicht. Diese erhebt sich, um der nächsten

Schicht Platz zu machen, die demselben Gesetze folgt, so dafs die Aufsaugung sich in den Morgenstunden nach und nach bis zu der Ebene fortpflanzt. Indefs sinken die Sonnenstrahlen allmälig blofs zu dieser herab, und von nun an würde der Vorgang der umgekehrte seyn, da die Ebene sich stärker erwärmt, als die Gipfel, wenn nicht eine kräftigere Ursache vorwaltete, welche aus dem Emporragen des Bergkegels in die atmosphärische Region entspringt.

Die starren, opaken, mehr oder weniger dunklen Seitenwände der Berge absorbiren die Wärmestrahlen mit Macht und ertheilen folglich der anliegenden Luftschicht eine höhere Temperatur, als eine in gleicher Höhe in der klaren Atmosphäre liegende Schicht haben kann. Daraus entsteht eine Verdünnung der ersteren, ein fortwährendes Aufsteigen, und dem gemäfs ein Wind in die Höhe, der beständig über die Oberflächen der Gebirge hinwegstreicht.

Um sich von der Intensität einer solchen Ursache zu überzeugen, braucht man sich nur zu erinnern, dafs auf trocknem Grase an der Côte du Rocherai, zu St. Jean-de-Maurienne, die Temperatur 49° C. beobachtet wurde. Um diefs noch deutlicher zu erweisen, habe ich mit Thermometern, die in schwarzer und weifser Leinewand eingehüllt waren, folgende Versuche gemacht:

Mont-Cenis, Posthaus, 5 Met. über dem Boden.

Mittags, im Schatten	13°,8 C.
Weifses Thermomet. i. d. Sonne	23 ,50
Schwarzes - - -	28 ,00

Mont-Cenis, in einem stark von der Sonne erhitzten Winkel der Strafse, 2 Fufs über dem Boden.

Mittags, im Schatten	13°,80 C.
Weifses Thermomet. i. d. Sonne	33 ,00
Schwarzes - - -	37 ,40

Scheitelpunkt der Strafse, 23. Sept., zwischen 9 und 10½ Uhr Morgens, 2 Fufs über dem Boden.

Gewöhnl. Therm., im Schatten	1°,8 C.
Weifses Therm.	18 ,2
Schwarzes Therm.	23 ,0

Turteman, Ufer d. Rhone, am 24. Sept., zur selben Stunde und unter fast gleichen atmosphär. Umständen, ½ Fufs über d. Boden.

Gewöhnl. Therm.	11°,3
Weifses -	23 ,0
Schwarzes -	27 ,0

Diese Resultate sind ohne Zweifel nicht zahlreich genug, um irgend ein Gesetz daraus abzuleiten, allein sie reichen hin, um zu erweisen, welch starke Erwärmung die Körper, selbst in grofser Höhe über dem Meere durch die Sonnenstrahen zu erleiden im Stande sind; dasselbe gilt mithin auch von den mit ihnen in Berührung stehenden Luftschichten.

Sehen wir nun, was in der Nacht geschieht. Die Beobachtungen von Pictet, Six, Leslie, Wells und, neuerlich noch, die von Marcet und Arago, haben genügend gezeigt, dafs die mehr oder weniger dicke Luftschicht, welche mit dem Boden in Berührung steht, während der Nacht eine örtliche Erkaltung erleidet, die im Widerspruch steht mit dem allgemeinen Gesetz der Temperatur-Abnahme nach der Höhe.

Dieser Vorgang, welcher das Resultat der Erkaltung der starren Theile der Erdoberfläche, in Folge nächtlicher Ausstrahlung, zu seyn scheint, ist anwendbar sowohl auf die geneigten Abhänge eines Berges, als auf die horizontalen Flächen einer Ebene. Und darnach sagen wir, dafs wenn diese bei Nacht viel Wärme verlieren, die Berggehänge ebenfalls Wärme aussenden, und dafs von da an die umgebende Luft sich zu verdichten, und in Folge der Zunahme ihres specifischen Gewichts

herabzusinken strebt, woraus denn zuletzt ein Rückstrom entsteht, dessen Wirkung, wie wir gesehen, noch verstärkt werden kann durch die starke Contraction der atmosphärischen Masse in den Thalgründen.

Nach dieser Aufstellung der allgemeinen Gesetze ist es nicht ohne Interesse, verschiedene besondere Fälle zu untersuchen, denn, wie wir schon gesehen haben, wird der normale Zustand zuweilen aufgehoben, oder gar umgekehrt, durch ephemere Ursachen, wie z. B. allgemeine Winde u. s. w.

Diese Umstände werden handgreiflich, wenn man Beobachtungen von zwei verschiedenen Orten mit einander vergleicht. Nehmen wir zum Beispiel die verschiedenen Momente des Jahres 1836. Sie geben zwischen Genf und dem großen St. Bernhard bald kleinere, bald größere Temperaturvariationen für die Höhe, als für die Ebene, wie man aus nachstehender Tafel ersehen kann, wo der erstere Fall mit dem Minus-, der andere mit dem Plus-Zeichen versehen ist.

	Genf	St. Bernhard	Unterschied
Januar	6,93	6,15	+ 0,80
Februar	6,56	7,22	— 0,66
März	8,57	10,57	— 2,00
April	8,53	9,22	— 0,69
Mai	10,56	10,51	+ 0,05
Juni	12,02	10,05	+ 1,97
Juli	13,46	7,70	+ 5,76
August	12,00	6,69	+ 5,31
September	9,79	6,56	+ 3,23
October	3,80	4,81	+ 3,99
November	6,47	7,09	+ 0,62
December	4,49	4,90	+ 0,81

Diese Tafel erlaubt den Schluß, daß, im Jahre 1836, die Wintermonate zwischen diesen Orten oft umgekehrte Luftströmungen hervorrufen mußten, und ähnliche Er-

scheinungen scheinen auch im Maurienne-Thal vorzukommen, weil daselbst der Winter wenig günstig ist für das Auftreten der täglichen Brise. Man kann jedoch aus diesen Unregelmäfsigkeiten kein Gesetz für die Jahreszeiten ableiten, denn zuvörderst bietet der Januar eine Anomalie dar, und überdiefs sind die negativen Unterschiede des Winters, verglichen mit den positiven des Sommers, so klein, dafs man darin nur einfache momentane Effecte zu sehen geneigt wird.

Diese Ansicht wird bestätigt durch gleichzeitige Beobachtungen, die Hr. Billiet zu St. Jean-de-Maurienne, und ich auf dem Mont Cenis, am Posthause, an einem luftigen Ort, 5 Meter über dem Boden anstellte. Mein Instrument war geschützt vor dem erhitzenden und erkältenden Einflufs des Bodens, und überdiefs konnte der herrschende Wind nicht die Ausdünstungen (*emanations*) des Sees von dieser Seite herbringen.

Saint Jean	Max. Min.	Unterschied	Mont-Cenis	Max. Min.	Unterschied
24 Aug. 2½h Ab.	21,5		24 Aug. 1½h Ab.	14,0	
25 „ 4 M.	12,2	9,3	25 „ 5 M.	4,3	9,7
25 „ 3 A.	25,3	13,1	25 „ 12½ Ab.	14,2	9,9
26 „ 6 M.	14,0	11,3	26 „ 5½ M.	6,8	7,4

Hieraus folgt, dafs die Invasion der Lombarde und deren Heftigkeit am ersten Tage eine Perturbation veranlafst hat, in Folge welcher das Maurienne-Thal geringere Schwankungen zeigte als der Mont Cenis; auch war diese Station, wie wir gesagt haben, der Schauplatz eines beständigen Kampfes zwischen den Brisen und dem Südwind. Zu den beiden andern Zeiten, wo sich die Lombarde gemäfsigt hatte, waren wiederum die gewöhnlichen Gesetze der respectiven Temperaturveränderungen in Kraft getreten, und wahrscheinlich hatten auch die Brisen ihre Rolle im Maurienne-Thal gespielt.

Vor meiner Abreise nach Cogne verabredete ich zu Ivrea mit Hrn. Dr. Gotha, einem eifrigen Meteorologen, correspondirende Beobachtungen, die ich mit denen am ersteren Orte von mir gemachten hier zusammenstelle:

Ivrea			Cogne		
	Max. Min.	Unterschied		Max. Min.	Unterschied
7. Sept. $5\frac{1}{2}$ h M.	17,0		7. Sept. $5\frac{1}{2}$ h M.	7,2	
„ „ 4 Ab.	24,5	7,5	„ „ $2\frac{1}{4}$ Ab.	17,2	9,8

Angesichts der grofsen Höhenvariation wird man sich ohne Zweifel des heftigen Nordwindes an diesem Tage, so wie der am andern Morgen zu Aosta beobachteten Anomalie erinnern.

Ich hätte gewünscht, diese Zusammenstellungen mittelst Vergleiche zwischen Genf und dem grofsen Bernhard noch weiter fortsetzen zu können; allein unglücklicherweise sind die Beobachtungen am letzteren Ort, auf welche ich für meine Reise gerechnet hatte, im September unvollständig. Wenn indefs auch die angegebenen Resultate vieles zu wünschen übrig lassen, so glaube ich doch, dafs sie für meinen Satz sprechen, und die Meteorologen leicht in den Stand setzen, sie bis zu dem Grade zu vermannigfaltigen, dafs daraus einige allgemeine Gesetze abgeleitet werden können.

VI. *Meeresströmungen.*

Bisher kannte man im offenen Meere nur drei grofse Strömungen von anomaler Temperatur, nämlich: 1) den warmen Gulfstrom im nördlichen atlantischen Meere; 2) den kalten Strom längs der Westküste Südamerika's (die „Humboldt-Strömung") von Süden nach Norden, von dem indefs ein Zweig bei der Insel Chiloë um-

biegt, längs der Küste nach Süden fliefst, und das Cap Horn mit einer relativen warmen Temperatur umgeht; und 3) den warmen Strom, der am Cap der guten Hoffnung neben der Agullas-Banc vorbeigeht und sich in den Kanal von Mosambique ergiefst. Ein vierter Strom der Art scheint auf der Weltreise der vom Capit. Du-Petit-Thouars befehligten Fregatte Venus entdeckt worden zu seyn und sich im Süd-Süd-Osten von Vandiemensland zu befinden. Wenigstens durchschnitt die Fregatte am 6, 7, 8, 9. Januar 1839 Meeresgegenden unter 44° 30′ bis 46° 3′ S. und 143° 16′ bis 146° 30′ O. v. Paris, wo das Wasser eine relativ hohe Temperatur besafs. Stündliche Beobachtungen ergaben nämlich an den vier Tagen

als Maximum 11°,0; 14°,0; 13°,3; 11°,5 C.
„ Minimum 9,3; 10,2; 11,3; 9,5 „

Was den kalten Strom neben der südamerikanischen Küste betrifft, so lehrte eine Peilung bei vollkommener Windstille, bei welcher die Fregatte mit vollständig eingerefften Segeln nur vom Strom nach Norden getrieben wurde, und das 1100 Brasses (1780 Meter) lange Strick des Senkbleis währenddefs immer senkrecht blieb, dafs der Strom kein blofs oberflächlicher ist, sondern mindestens bis zu der Tiefe von 1780 Meter in Masse dem Aequator zuwandert. Eine analoge Beobachtung zeigte, dafs der warme Strom im Kanal von Mosambique wenigstens eine Tiefe von 900 Meter habe. Im Südwesten der Insel Chiloë besafs das Wasser an der Oberfläche 13° C, in 500 Brasses Tiefe 4°,1 und in 1100 Brasses Tiefe (ohne Grund) + 2°,3 C. (Compt. d. T. XI. p. 321).

Namenregister

zu

den Annalen der Physik und Chemie

Band XXXXIII bis Band LI nebst Ergänzungsband.

Namenregister.

Band XXXXIII bis Band LI nebst Ergänzungsband.

)er Kürze halber sind die Bände XXXXIII, XXXXIV u. s. w. bis XXXXIX mit III, IV u. s. w. bis IX bezeichnet, so dafs hier überall XXXX zu ergänzen ist. E bedeutet den Ergänzungsband.)

J.

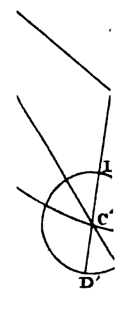
K.

S.

W.

Z.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.



25.





